

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC978 U.S. PTO
09/846238
05/02/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 8月31日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-262372

出 願 人
Applicant(s):

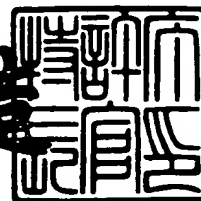
コニカ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 3月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3014059

【書類名】 特許願
【整理番号】 DTM00418
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 13/18
F16C 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内
【氏名】 木村 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内
【氏名】 大田 耕平

【特許出願人】

【識別番号】 000001270
【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号
【氏名又は名称】 コニカ株式会社
【代表者】 植松 富司

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第247294号
【出願日】 平成11年 9月 1日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000- 60843
【出願日】 平成12年 3月 6日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012265
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 対物レンズ及び光ピックアップ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも 1 面が非球面であり、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 2】 両面が非球面であることを特徴とする請求項 1 に記載の対物レンズ。

【請求項 3】 単玉であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の対物レンズ。

【請求項 4】 開口数が 0.65 以上であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 5】 開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 6】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 v_d : アッベ数

【請求項 7】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 8】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項 9】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 ：光源側の近軸曲率半径

【請求項 10】 前記対物レンズは、使用波長が 500 nm 以下で、保護層の厚みが 0.2 mm 以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が 0.7 以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の対物レンズ。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 v_d ：アッベ数

【請求項 11】 前記対物レンズは、使用波長が 500 nm 以下で、保護層の厚みが 0.2 mm 以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が 0.7 以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項 1、2、3 または 10 に記載の対物レンズ。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.60$$

$$1.50 \leq n$$

但し、 r_1 ：光源側の面の近軸曲率半径

n ：使用波長での屈折率

【請求項 12】 前記対物レンズは、プラスチック材料からなることを特徴とする請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 13】 前記対物レンズは、ガラス材料からなることを特徴とする請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 14】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記対物レンズが少なくとも 1 面に非球面を有し、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 ：軸上レンズ厚

f ：焦点距離

【請求項 15】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする

請求項 1 4 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 6】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 1 4 または 1 5 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 7】 前記対物レンズは開口数が 0. 6 5 以上であることを特徴とする請求項 1 4, 1 5 または 1 6 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 8】 前記対物レンズは開口数が 0. 7 5 以上であることを特徴とする請求項 1 4, 1 5 または 1 6 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 9】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 4 ～ 1 8 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$f / \nu d \leq 0. 0 6 0$$

但し、 νd : アッベ数

【請求項 2 0】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 4 ～ 1 9 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. 4 0 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 2 1】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 4 ～ 1 9 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. 4 0 \leq n < 1. 8 5$$

【請求項 2 2】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 4 ～ 2 1 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0. 4 0 \leq r 1 / (n \cdot f) \leq 0. 7 0$$

但し、 $r 1$: 光源側の近軸曲率半径

【請求項 2 3】 前記対物レンズは、使用波長が 5 0 0 n m 以下で、保護層の厚みが 0. 2 m m 以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が 0. 7 以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項 1 4, 1 5 または 1 6 に記載の光ピックアップ装置。

$$f / \nu d \leq 0. 0 6 0$$

但し、 νd : アッベ数

【請求項 2 4】 前記対物レンズは、使用波長が 5 0 0 n m 以下で、保護層

の厚みが 0.2 mm 以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が 0.7 以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項 14, 15, 16 または 23 に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.60$$

$$1.50 \leq n$$

但し、 r_1 : 光源側の面の近軸曲率半径

n : 使用波長での屈折率

【請求項 25】 前記対物レンズは、プラスチック材料からなることを特徴とする請求項 14～24 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 26】 前記対物レンズは、ガラス材料からなることを特徴とする請求項 14～24 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 27】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、使用波長が 500 nm 以下で、保護層の厚みが 0.2 mm 以下の光情報記録媒体を使用し、少なくとも 1 面が非球面であり、開口数が 0.65 以上であることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 28】 両面が非球面であることを特徴とする請求項 27 に記載の対物レンズ。

【請求項 29】 単玉であることを特徴とする請求項 27 または 28 に記載の対物レンズ。

【請求項 30】 開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 27, 28 または 29 に記載の対物レンズ。

【請求項 31】 次式を満たすことを特徴とする請求項 27, 28, 29 または 30 に記載の対物レンズ。

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 32】 次式を満たすことを特徴とする請求項 27～31 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 v_d : アッベ数

【請求項 3 3】 次式を満たすことを特徴とする請求項 2 7 ~ 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1.40 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 3 4】 次式を満たすことを特徴とする請求項 2 7 ~ 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

【請求項 3 5】 次式を満たすことを特徴とする請求項 2 7 ~ 3 4 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【請求項 3 6】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記光源の基準波長は 5 0 0 n m 以下であり、前記対物レンズは、前記光源を使用した、保護層の厚みが 0.2 m m 以下の光情報記録媒体の記録および／または再生に対して、開口数が 0.6 5 以上であり、少なくとも 1 面に非球面を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 3 7】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 3 6 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 3 8】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 3 6 または 3 7 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 3 9】 前記対物レンズは前記開口数が 0.7 5 以上であることを特徴とする請求項 3 6, 3 7 または 3 8 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 4 0】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 3 6, 3 7, 3 8 または 3 9 に記載の光ピックアップ装置。

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 4 1】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 3 6～4 0 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$f / v d \leq 0.060$$

但し、 $v d$: アッベ数

【請求項 4 2】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 3 6～4 1 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 4 3】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 3 6～4 1 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

【請求項 4 4】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 3 6～4 3 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 4 5】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも 1 面が非球面であり、開口数が 0.75 以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 4 6】 両面が非球面であることを特徴とする請求項 4 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 4 7】 単玉であることを特徴とする請求項 4 5 または 4 6 に記載の対物レンズ。

【請求項 4 8】 次式を満たすことを特徴とする請求項 4 5, 4 6 または 4 7 に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 4 9】 次式を満たすことを特徴とする請求項 4 5, 4 6, 4 7 または 4 8 に記載の対物レンズ。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 v_d : アッペ数

【請求項 5 0】 次式を満たすことを特徴とする請求項 4 5 ~ 4 9 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 5 1】 次式を満たすことを特徴とする請求項 4 5 ~ 4 9 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項 5 2】 次式を満たすことを特徴とする請求項 4 5 ~ 5 1 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【請求項 5 3】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、少なくとも 1 面に非球面を有し、開口数が 0.75 以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 5 4】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 5 3 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 5 5】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 5 3 または 5 4 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 5 6】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 5

3, 54 または 55 に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 57】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 53, 54, 55 または 56 に記載の光ピックアップ装置。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 v_d : アッベ数

【請求項 58】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 53 ~ 57 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 59】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 53 ~ 57 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項 60】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 53 ~ 59 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【請求項 61】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも 1 面が非球面であり、開口数が 0.65 以上であり、次式を満足することを特徴とする対物レンズ。

$$n \geq 1.85$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 62】 両面が非球面であることを特徴とする請求項 61 に記載の対物レンズ。

【請求項 63】 単玉であることを特徴とする請求項 61 または 62 に記載の対物レンズ。

【請求項 64】 開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 61

， 6 2 または 6 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 6 5】 次式を満たすことを特徴とする請求項 6 1， 6 2， 6 3 または 6 4 に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 ：軸上レンズ厚

f ：焦点距離

【請求項 6 6】 次式を満たすことを特徴とする請求項 6 1～6 5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 ：光源側の近軸曲率半径

【請求項 6 7】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、少なくとも 1 面に非球面を有し、開口数が 0.65 以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$n \geq 1.85$$

但し、 n ：使用波長での屈折率

【請求項 6 8】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 6 7 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 6 9】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 6 7 または 6 8 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 7 0】 前記対物レンズは前記開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 6 7， 6 8 または 6 9 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 7 1】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 6 7， 6 8， 6 9 または 7 0 に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 ：軸上レンズ厚

f ：焦点距離

【請求項 7 2】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 6 7 ～ 7 1 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 ：光源側の近軸曲率半径

【請求項 7 3】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも 1 面が非球面であり、開口数が 0.65 以上であり、次式を満足することを特徴とする対物レンズ。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

但し、 n ：使用波長での屈折率

【請求項 7 4】 両面が非球面であることを特徴とする請求項 7 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 7 5】 単玉であることを特徴とする請求項 7 3 または 7 4 に記載の対物レンズ。

【請求項 7 6】 開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 7 3 , 7 4 または 7 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 7 7】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、少なくとも 1 面に非球面を有し、開口数が 0.65 以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

但し、 n ：使用波長での屈折率

【請求項 7 8】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 7 7 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 7 9】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 7 7 または 7 8 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 8 0】 前記対物レンズは前記開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 7 7 , 7 8 または 7 9 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 8 1】 光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも 1 面が非球面であり、少なくとも一方のレンズ面に回折面を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 8 2】 両面が非球面であることを特徴とする請求項 8 1 に記載の対物レンズ。

【請求項 8 3】 単玉であることを特徴とする請求項 8 1 または 8 2 に記載の対物レンズ。

【請求項 8 4】 開口数が 0.65 以上であることを特徴とする請求項 8 1, 8 2 または 8 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 8 5】 開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 8 1, 8 2 または 8 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 8 6】 使用波長が 500 nm 以下で、保護層の厚みが 0.2 mm 以下の光情報記録媒体を使用することを特徴とする請求項 8 1 ~ 8 5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 8 7】 光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、少なくとも 1 面に非球面を有し、少なくとも一方のレンズ面に回折面を有し、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 8 8】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 8 7 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 8 9】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 8 7

または 8 8 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9 0】 前記対物レンズは開口数が 0. 6 5 以上であることを特徴とする請求項 8 7, 8 8 または 8 9 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9 1】 前記対物レンズは開口数が 0. 7 5 以上であることを特徴とする請求項 8 7, 8 8 または 8 9 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9 2】 使用波長が 5 0 0 n m 以下で、保護層の厚みが 0. 2 m m 以下の光情報記録媒体を使用することを特徴とする請求項 8 7 ~ 9 1 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9 3】 外周にフランジ部を有することを特徴とする請求項 1 ~ 1 3, 2 7 ~ 3 5, 4 5 ~ 5 2, 6 1 ~ 6 6, 7 3 ~ 7 6, 8 1 ~ 8 6 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 9 4】 外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部を有することを特徴とする請求項 1 ~ 1 3, 2 7 ~ 3 5, 4 5 ~ 5 2, 6 1 ~ 6 6, 7 3 ~ 7 6, 8 1 ~ 8 6 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 9 5】 前記対物レンズが外周にフランジ部を有することを特徴とする請求項 1 4 ~ 2 6, 3 6 ~ 4 4, 5 3 ~ 6 0, 6 7 ~ 7 2, 7 7 ~ 8 0, 8 7 ~ 9 2 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9 6】 前記対物レンズが外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部を有することを特徴とする請求項 1 4 ~ 2 6, 3 6 ~ 4 4, 5 3 ~ 6 0, 6 7 ~ 7 2, 7 7 ~ 8 0, 8 7 ~ 9 2 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9 7】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記対物レンズは、少なくとも 1 面に非球面を有し、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 9 8】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 9 7 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9 9】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 9 7 または 9 8 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 0 0】 前記対物レンズの開口数が 0. 6 5 以上であることを特徴とする請求項 9 7, 9 8 または 9 9 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 0 1】 前記対物レンズの開口数が 0. 7 5 以上であることを特徴とする請求項 9 7, 9 8 または 9 9 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 0 2】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 9 7 ~ 1 0 1 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$f / v_d \leq 0. 0 6 0$$

但し、 v_d : アッベ数

【請求項 1 0 3】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 9 7 ~ 1 0 2 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 4 0 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 1 0 4】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 9 7 ~ 1 0 2 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 4 0 \leq n < 1. 8 5$$

【請求項 1 0 5】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 9 7 ~ 1 0 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0. 4 0 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0. 7 0$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【請求項 1 0 6】 前記対物レンズは、使用波長が 5 0 0 n m 以下で、保護層の厚みが 0. 2 m m 以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が 0. 7 以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項 9 7, 9 8 または 9 9 に記載の光ピ

ックアップ装置。

$$f / v d \leq 0.060$$

但し、 $v d$: アッベ数

【請求項 1 0 7】 前記対物レンズは、使用波長が 5 0 0 n m 以下で、保護層の厚みが 0.2 m m 以下の光情報記録媒体を使用し、開口数が 0.7 以上であって、次式を満たすことを特徴とする請求項 9 7, 9 8, 9 9 または 1 0 6 に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r 1 / (n \cdot f) \leq 0.60$$

$$1.50 \leq n$$

但し、 $r 1$: 光源側の面の近軸曲率半径

n : 使用波長での屈折率

【請求項 1 0 8】 前記対物レンズは、プラスチック材料からなることを特徴とする請求項 9 7 ~ 1 0 7 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 0 9】 前記対物レンズは、ガラス材料からなることを特徴とする請求項 9 7 ~ 1 0 7 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 1 0】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記光源の基準波長は 5 0 0 n m 以下であり、前記対物レンズは、前記光源を使用した、保護層の厚みが 0.2 m m 以下の光情報記録媒体の記録および／または再生に対して、開口数が 0.65 以上であり、少なくとも 1 面に非球面を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 1 1 1】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 1 1 0 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 1 2】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 1 1 0 または 1 1 1 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 1 3】 前記対物レンズは前記開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 1 1 0, 1 1 1 または 1 1 2 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 1 4】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 1 0, 1 1 1, 1 1 2 または 1 1 3 に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 1 1 5】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 1 0 ~ 1 1 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 v_d : アッベ数

【請求項 1 1 6】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 1 0 ~ 1 1 5 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 1 1 7】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 1 0 ~ 1 1 5 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項 1 1 8】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 1 1 0 ~ 1 1 7 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

【請求項 1 1 9】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、
前記対物レンズは、少なくとも 1 面に非球面を有し、開口数が 0.75 以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 120】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 119 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 121】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 119 または 120 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 122】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 119, 120 または 121 に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【請求項 123】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 119, 120, 121 または 122 に記載の光ピックアップ装置。

$$f / v_d \leq 0.060$$

但し、 v_d : アッベ数

【請求項 124】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 119 ~ 123 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【請求項 125】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 119 ~ 123 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

【請求項 126】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項 119 ~ 125 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【請求項 127】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒

体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有し、開口数が0.65以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$n \geq 1.85$$

但し、 n ：使用波長での屈折率

【請求項128】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項127に記載の光ピックアップ装置。

【請求項129】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項127または128に記載の光ピックアップ装置。

【請求項130】 前記対物レンズは前記開口数が0.75以上であることを特徴とする請求項127、128または129に記載の光ピックアップ装置。

【請求項131】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項127、128、129または130に記載の光ピックアップ装置。

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3$$

但し、 d_1 ：軸上レンズ厚

f ：焦点距離

【請求項132】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項127～131のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70$$

但し、 r_1 ：光源側の近軸曲率半径

【請求項133】 光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置において、

前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、

前記対物レンズは、少なくとも 1 面に非球面を有し、開口数が 0.65 以上であり、次式を満足することを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1.40 \leq n < 1.85$$

但し、 n ：使用波長での屈折率

【請求項 134】 前記対物レンズが両面に非球面を有することを特徴とする請求項 133 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 135】 前記対物レンズが単玉であることを特徴とする請求項 133 または 134 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 136】 前記対物レンズは前記開口数が 0.75 以上であることを特徴とする請求項 133, 134 または 135 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 137】 前記カップリングレンズは前記光源からの光束をほぼ平行光束にコリメートすることを特徴とする請求項 97～136 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 138】 前記対物レンズと前記カップリングレンズとの合成系の色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項 97～137 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$\delta f b \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m \quad (\delta f b > 0)$$

但し、 $\delta f b$ ：波長が基準波長から +1 nm 変化した時の、合成系の焦点位置の変化 (μm)

NA ：対物レンズの光情報記録媒体側の開口数

【請求項 139】 次式を満たすことを特徴とする請求項 138 に記載の光ピックアップ装置。

$$0.02 \mu m \leq \delta f b \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m \quad (\delta f b > 0)$$

【請求項 140】 次式を満たすことを特徴とする請求項 97～139 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.1 \leq |m| \leq 0.5 \quad (m < 0)$$

但し、 m ：対物レンズとカップリングレンズとの合成系の倍率

【請求項 141】 前記カップリングレンズは 1 群 2 枚構成であることを特徴とする請求項 97～140 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 2】 前記カップリングレンズは非球面を有することを特徴とする請求項 1 4 1 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 3】 前記カップリングレンズは回折面を有することを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 4 2 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 4】 前記カップリングレンズは、単玉レンズであって、一方の面のみに回折面を有することを特徴とする請求項 1 4 3 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 5】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 4 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 6】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 4 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 7】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、温湿度変化に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 4 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 8】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微少な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 4 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 4 9】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動、或いは温湿度変化、或いは前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微少な変動のうち少なくとも 2 つ以上の組み合わせに起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 4 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 5 0】 前記光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向

に沿って変移し、前記光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 4 4 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 5 1】 前記カップリングレンズを光軸方向に沿って変移させる変移装置を含むことを特徴とする請求項 9 7 ～ 1 5 0 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 1 5 2】 請求項 1 4 ～ 2 6, 3 6 ～ 4 4, 5 3 ～ 6 0, 6 7 ～ 7 2, 7 7 ～ 8 0, 8 7 ～ 9 2, 9 5 ～ 1 5 1 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置を備えた光情報記録媒体の記録及び／又は再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスクなどの光情報記録媒体に、記録又は再生を行う光学式記録再生装置のピックアップ用対物レンズ、この対物レンズを使用する光ピックアップ装置、及びこの光ピックアップ装置を備えた光情報記録媒体の記録／再生装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光ディスクなどを媒体とした光学式記録再生装置の光学系において、非球面単玉対物レンズが広く用いられているが、記録情報信号の高密度化を図るため、対物レンズが記録媒体上に集光するスポットを小さくすることが要求されており、対物レンズの高 N A 化とともに短波長光源の利用が検討されつつある。

【0 0 0 3】

レーザの短波長化や対物レンズの高 N A 化が図られてくると、C D や D V D のごとき従来の光ディスクに対して情報の記録又は再生を行うような比較的長波長のレーザと低 N A の対物レンズとの組み合わせからなる光ピックアップ装置ではほとんど無視できる問題でもより顕在化されることが予想される。その一つが、半導体レーザの微少な発振波長のずれにより対物レンズで生じる軸上色収差の間

題である。一般のレンズ材料の微少な波長変動による屈折率変化は、短波長を取り扱うほど大きくなる。その結果、焦点のデフォーカス量が大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、 $k\lambda/NA^2$ （ k は比例定数、 λ は波長、 NA は対物レンズの開口数）で表されることからわかるように、使用波長が短いほど焦点深度が小さくなり、僅かなデフォーカス量も許されない。従って、GaN系半導体レーザのような短波長の光源及び高NAの対物レンズを用いた光学系では、モードホップ現象及びレーザ出力変化による波長変動や高周波重畳による波面収差の劣化を防ぐために、軸上色収差の補正が重要となる。

【0004】

更に、レーザの短波長化と対物レンズの高NA化の組み合わせにおいて顕在化する別な問題は、温度・湿度変化による光学系の球面収差の変動である。すなわち、光ピックアップ装置において一般的に使用されているプラスチックレンズは温度や湿度変化を受けて変形しやすく、また、屈折率が大きく変化する。従来の光ピックアップ装置では問題にならなかった屈折率変化による球面収差の変動も、レーザの短波長化と対物レンズの高NA化の組み合わせにおいては、無視できない量となる。

【0005】

更に、レーザの短波長化と対物レンズの高NA化の組み合わせにおいて顕在化する別な問題は、光ディスクの保護層の厚み誤差に起因する光学系の球面収差の変動である。保護層の厚み誤差により生じる球面収差は、対物レンズのNAの4乗に比例して発生することが知られている。従って、対物レンズのNAが大きくなるにつれて保護層の厚み誤差の影響が大きくなり、安定した情報の記録／再生が出来なくなる恐れがある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

光ディスク用の非球面単玉対物レンズでは、非球面によって球面収差とコマ収差を補正するが、開口数が大きくなると、像高特性が劣化してしまう。光ディスクの高密度化が進むにつれ、像高特性の劣化は、たとえ小さな値であっても、非常に大きな問題となってしまふ。特に、開口数が0.65以上になると、問題が

顕著となる。また、開口数が大きくなると、偏心感度の劣化も大きな問題となる。

【0007】

本発明は、前記課題を解決するためになされたものである。即ち、光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、開口数が大きく、像高特性の良い非球面単玉対物レンズを提供することを目的とする。特に、開口数が0.65以上、好ましくは0.70以上、更に好ましくは0.75以上と大きく、また光源の波長が400nm程度と短い波長のレーザを使用する高密度記録再生装置に用いるのに好適な、対物レンズを提供することを目的とする。また、偏心感度を良好にする対物レンズを提供することも本発明の目的である。また、球面収差やコマ収差を良好にする対物レンズを提供することも本発明の目的である。

【0008】

また、光情報記録媒体の保護層（透明基板）の厚さが0.2mm程度やそれ以下と薄い場合、または保護層がない場合に、ワーキングディスタンスが小さくても良いが、そのようなワーキングディスタンスの小さい記録再生装置に用いられるのに好適な対物レンズを提供することを目的とする。

【0009】

また、これらの対物レンズを使用する光ピックアップ装置や光情報記録媒体の記録／再生装置を提供することを目的とする。

【0010】

また、高密度な光学式記録再生装置において、簡単な構成で軸上色収差が補正された光学系を有する光ピックアップ装置を提供することを目的とする。また、特に、光情報記録媒体側の開口数が0.65以上、好ましくは0.70以上、更に好ましくは0.75以上と大きく、使用する光源の最短波長が500nm以下と小さい光ピックアップ装置を提供することを目的とする。また、高密度な光学式記録再生装置において、簡易な構成で光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正可能な光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

第1の発明による対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、次式を満たすことを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【0012】

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3 \quad (1)$$

但し、 d_1 ：軸上レンズ厚

【0013】

f ：焦点距離

【0014】

上記条件式(1)は、良好な像高特性を得るための条件であって、特に0.65以上、好ましくは0.75以上の大きな開口数を得ようとするとき、下限以上であると、レンズの中心厚が小さくなり過ぎず、像高特性が劣化せず、更に、面のシフト感度が大きくなり過ぎず、像高特性が劣化しない。また、偏心感度も良好になる。さらに、球面収差や、コマ収差も良好に補正できる。

【0015】

また、本発明の、光情報記録媒体の情報の再生もしくは記録を行う光ピックアップ装置は、光束を出射する光源と、光源から出射された光束を集光する集光光学系と、光情報記録媒体からの反射光もしくは透過光を検出する光検出器とを有する。そして、集光光学系は、光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光する対物レンズを有するものである。対物レンズは、上述した本発明の対物レンズである。なお、集光光学系は、対物レンズの他に、他にカップリングレンズなどを有していてもよい。

【0016】

また、本発明の光情報記録媒体記録／再生装置は、上述した本発明の光ピックアップ装置を有する。他に、光情報記録媒体を回転させるスピンドルモーターや、トラッキング手段などを有していてもよい。

【 0 0 1 7 】

なお、光ピックアップ装置における開口数は、光源の波長や、絞り径や、対物レンズ径によって求められることが好ましい。なお、その光ピックアップ装置において、所定の波長の光束によって、所定の光情報記録媒体の情報の読取／記録を可能とする開口数をその光ピックアップ装置の開口数と捉えてもよいし、その光ピックアップ装置で読取／記録を行う対象の光情報記録媒体の規格で定められた開口数をその光ピックアップ装置の開口数と捉えてもよい。

【 0 0 1 8 】

上記条件式(1)は下記式を満足することがより望ましい。

$$1. \quad 2 \leq d_1 / f \leq 2.3$$

【 0 0 1 9 】

更に、上記条件式(1)は下記式を満足することが最も望ましい。

【 0 0 2 0 】

$$1. \quad 5 \leq d_1 / f \leq 1.8$$

【 0 0 2 1 】

また、上述の対物レンズは次の条件式(2)を満たすことが好ましい。

【 0 0 2 2 】

$$f / \nu d \leq 0.060 \quad (2)$$

但し、 νd : アッベ数

【 0 0 2 3 】

上記条件式(2)は、軸上色収差を小さくするための条件である。これにより、フォーカスサーボが追従出来ないような瞬時的なレーザ光源の波長変動や、多モード発振による光源波長の広がりに対応可能となる。上記条件式(2)は下記式を満足することがより望ましい。

【 0 0 2 4 】

$$f / \nu d \leq 0.050$$

【 0 0 2 5 】

更に、上記条件式(2)は下記式を満足することが最も望ましい。

【 0 0 2 6 】

$$f / \nu d \leq 0.035$$

【0027】

また、レンズ材料は、アッベ数が $\nu d \geq 35$ 、より望ましくは $\nu d \geq 50$ を満たす材料を用いることが好ましい。

【0028】

また、対物レンズは、ガラスレンズであっても、プラスチックレンズであってもよいが、プラスチックレンズの方が好ましい。

【0029】

また、プラスチックレンズである場合、光源波長が $350\text{ nm} \sim 500\text{ nm}$ の領域で、光透過率が 85% 以上である材料から形成されていることが好ましく、また、飽和吸水率が 0.01% 以下である材料から形成させていることが好ましい。なお、プラスチック材料としては、ポリオレフィン系樹脂が望ましく、ポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂がより望ましい。

【0030】

また、本発明の対物レンズは、レンズ径が $\phi 2.0 \sim 4.0\text{ mm}$ であることが好ましく、軸上レンズ厚が $2.00 \sim 4.00\text{ mm}$ であることが好ましい。

【0031】

また、本明細書では、レンズの開口数は、レンズから射出される最周縁の光線の正弦 (\sin) で定められるが、単玉対物レンズ単体の場合、レンズ枠に取り付けていない状態では最周縁の光線が定まらず、したがって開口数が定まらない。この場合、ある波長の光束が、ある開口径を境にその内側で無収差に収差補正されているなら（例えばは曲面収差が $0.07\lambda\text{ rms}$ 以下に補正されているなら）、この開口半径と焦点距離の比として開口数を実質的に定義することができる。

【0032】

また、上述の対物レンズは次の条件式(3)を満たすことが好ましい。

【0033】

$$1.40 \leq n \quad (3)$$

但し、 n : 使用波長での屈折率（光源の波長での対物レンズの材料の屈折率）

【0034】

上記条件式(3)は、屈折率の条件であり、この条件を満足すると、第1面のサグが大きくなり、面のシフト感度やティルト感度が大きくなり、像高特性が良好となる。

【0035】

また、上述の対物レンズは次の条件式(4)を満たすことが好ましい。

【0036】

$$1.40 \leq n < 1.85 \quad (4)$$

【0037】

上記条件式(4)は、屈折率の条件であり、軸上の光学性能に加え、軸外の光学性能も重視する必要がある光ピックアップの場合には、発生する非点収差の補正のために軸上厚が大きくなりがちである。上限以下であると、屈折率が大きくなり過ぎず、レンズの中心厚を大きくする必要がなく、軽量化の達成及びワーキングディスタンスの確保が容易となる。下限以上であると、屈折率が小さくなり過ぎず、第1のサグが大きくなり、像高特性が劣化しない。

【0038】

上記条件式(4)は下記式を満足することがより望ましい。

【0039】

$$1.50 \leq n \leq 1.85$$

【0040】

更に好ましくは、下記式を満たすことである。

【0041】

$$1.70 \leq n < 1.85$$

【0042】

また、上述の対物レンズは次の条件式(5)を満たすことが好ましい。

【0043】

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70 \quad (5)$$

但し、 r_1 ：前記対物レンズの、1つの面の近軸曲率半径（好ましくは、光源側の近軸曲率半径）

【0044】

上記条件式(5)は、主にコマ収差の補正に関し、下限以上であると、 r_1 が小さくなり過ぎず、内向性のコマ収差と外向性のコマ収差によるフレアが発生し難くなり、上限以下であると、 r_1 が大きくなり過ぎず、外向性のコマ収差が生じ難くなるとともに、球面収差のアンダーフレアが生じ難い。

【0045】

また、上記条件式(5)は下記式を満足することがより望ましい。

【0046】

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.65$$

【0047】

ここで、対物レンズが記録媒体上に集光する光のスポット径は、光源の波長を λ 、対物レンズの開口数をNA、 k を比例定数とすると、一般に、 $k\lambda/NA$ によって決まる。従って、500nm以下の小さい波長のレーザ光源を使用し、対物レンズの開口数を0.65以上と大きくした場合、集光する光のスポット径を小さくすることが出来る。よって、本発明によるレンズを用いて光ピックアップ装置を構成することで、記録情報信号の高密度化が可能となる。更に、記録媒体の保護層を0.2mm以下と薄くすることで、ワーキングディスタンスの小さい対物レンズが提供でき、光ピックアップ装置の軽量化及びコンパクト化を達成できる。つまり、本発明の対物レンズ、光ピックアップ装置、光情報記録媒体記録／再生装置は、使用波長（光源が出射する光束の波長）500nm以下である場合や、対物レンズの光情報記録媒体側の開口数が0.65以上（好ましくは0.7以上、より好ましくは0.75以上）の場合や、厚さが0.2mm以下の保護層を有する光情報記録媒体に対して用いられる場合に、特に好適である。

【0048】

また、上述の対物レンズは、プラスチック材料を用いることにより、光ピックアップの軽量化が達成でき、安価に大量生産することが可能である。

【0049】

第2の発明による対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用し、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上、好ま

しくは0.75以上であることを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【0050】

上述の対物レンズは次の条件式(6)を満足することが好ましい。条件式(6)は、良好な像高特性を得るための条件である。その作用に関しては、条件式(1)と同様である。

【0051】

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3 \quad (6)$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【0052】

また、上述の対物レンズは次の条件式(7)を満足することが好ましい。条件式(7)は、軸上色収差を小さくするための条件である。その作用に関しては、条件式(2)と同様である。

【0053】

$$f / \nu d \leq 0.060 \quad (7)$$

但し、 νd : アッベ数

【0054】

また、上述の対物レンズは次の条件式(8)を満足することが好ましい。条件式(8)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(3)と同様である。

【0055】

$$1. \quad 40 \leq n \quad (8)$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【0056】

また、上述の対物レンズは次の条件式(9)を満足することが好ましい。条件式(9)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(4)と同様である。

【0057】

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85 \quad (9)$$

【 0 0 5 8 】

また、上述の対物レンズは次の条件式(10)を満足することが好ましい。条件式(10)は、主にコマ収差の補正に関する。その作用に関しては、条件式(5)と同様である。

【 0 0 5 9 】

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70 \quad (10)$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【 0 0 6 0 】

第3の発明による対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.75以上であり、プラスチック材料からなることを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【 0 0 6 1 】

上述の対物レンズは次の条件式(11)を満足することが好ましい。条件式(11)は、良好な像高特性を得るための条件である。その作用に関しては、条件式(1)と同様である。

【 0 0 6 2 】

$$1.1 \leq d_1 / f \leq 3 \quad (11)$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

【 0 0 6 3 】

f : 焦点距離

【 0 0 6 4 】

また、上述の対物レンズは次の条件式(12)を満足することが好ましい。条件式(12)は、軸上色収差を小さくするための条件である。その作用に関しては、条件式(2)と同様である。

【 0 0 6 5 】

$$f / v_d \leq 0.060 \quad (12)$$

【 0 0 6 6 】

但し、 νd : アッベ数

【0067】

また、上述の対物レンズは次の条件式(13)を満足することが好ましい。条件式(13)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(3)と同様である。

【0068】

$$1.40 \leq n \quad (13)$$

但し、 n : 使用波長での屈折率

【0069】

また、上述の対物レンズは次の条件式(14)を満足することが好ましい。条件式(14)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(4)と同様である。

【0070】

$$1.40 \leq n < 1.85 \quad (14)$$

【0071】

また、上述の対物レンズは次の条件式(15)を満足することが好ましい。条件式(15)は、主にコマ収差の補正に関する。その作用に関しては、条件式(5)と同様である。

【0072】

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70 \quad (15)$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【0073】

第4の発明による対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上、好ましくは0.75以上であり、次式(16)を満足することを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【0074】

$$n \geq 1.85 \quad (16)$$

【0075】

但し、 n : 使用波長での屈折率

【0076】

上記条件式(16)は、屈折率の条件である。高屈折率の材料を用いることにより、第1面の曲率を大きくすることが出来、その結果、見込み角を小さくすることが出来るので、成形によりレンズを作製する場合の金型加工が容易になるというメリットがある。更に、軸上の光学性能を重視すればよい光ピックアップの場合には、高屈折率の材料を用いることで、高次の球面収差の補正が容易になる。

【0077】

上述の対物レンズは次の条件式(17)を満足することが好ましい。条件式(17)は、良好な像高特性を得るための条件である。その作用に関しては、条件式(1)と同様である。

【0078】

$$1. \quad 1 \leq d_1 / f \leq 3 \quad (17)$$

但し、 d_1 : 軸上レンズ厚

f : 焦点距離

【0079】

また、上述の対物レンズは次の条件式(18)を満足することが好ましい。条件式(18)は、主にコマ収差の補正に関する。その作用に関しては、条件式(5)と同様である。

【0080】

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70 \quad (18)$$

但し、 r_1 : 光源側の近軸曲率半径

【0081】

第5の発明による両面非球面単玉対物レンズは、光情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、少なくとも1面が非球面であり、開口数が0.65以上、好ましくは0.75以上であり、次式(19)を満足することを特徴とする。なお、本発明の対物レンズは、片面のみを非球面としてもよいが、両面とも非球面であることが好ましい。また、複数枚ではなく、1枚のレンズで単玉の対物レンズを構成することが好ましい。

【 0 0 8 2 】

$$1.40 \leq n < 1.85 \quad (19)$$

但し、 n ：使用波長での屈折率

【 0 0 8 3 】

上記条件式(19)は、屈折率の条件である。その作用に関しては、条件式(4)と同様である。

【 0 0 8 4 】

また、本発明の光ピックアップ装置には、集光光学系に回折部を設けることが好ましい。集光光学系の対物レンズに回折部を設けることが好ましいが、回折部のみを有する光学素子を新たに集光光学系に組み込んでもよいし、カップリングレンズなどの、集光光学系を構成する他の光学素子に回折部を設けてもよい。

【 0 0 8 5 】

一般に屈折系の単玉対物レンズを球面または非球面だけで基準波長に対して球面収差を補正した場合、基準波長より短波長ではアンダー、長波長ではオーバーな軸上色収差を生じる。ところが、回折面を有する対物レンズでは、基準波長に対して球面収差を補正した場合、屈折系の対物レンズとは逆の極性、即ち、短波長でオーバー、長波長でアンダーな軸上色収差を発生させることができる。従って、上述の対物レンズによれば、非球面レンズとしての非球面係数と、回折レンズとしての位相関数の係数を適当に選んで、屈折パワーと回折パワーと組み合わせることにより、球面収差に対して色収差の補正を行い、例えば、モードホップのような瞬間的な波長変動に対しても性能良好な対物レンズとすることができる。

【 0 0 8 6 】

また、上述の対物レンズは、開口数が0.65以上、好ましくは0.75以上であり、また、使用波長が500nm以下で、保護層の厚みが0.2mm以下の光情報記録媒体を使用することにより、500nm以下の小さい波長のレーザ光源を使用し、対物レンズの開口数を0.65以上と大きくし、集光する光のスポット径を小さくすることが出来るから、本発明によるレンズを用いて光ピックアップ装置を構成することで、記録情報信号の高密度化が可能となる。更に、記録

媒体の保護層を 0.2 mm 以下と薄くすることで、ワーキングディスタンスの小さい対物レンズが提供でき、光ピックアップ装置の軽量化及びコンパクト化を達成できる。

【0087】

また、上述の各対物レンズにおいて、外周にフランジ部を有することが好ましく、また、外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部を有することが更に好ましい。外周部にフランジ部を有することにより、対物レンズを光ピックアップ装置に容易に取り付けることができ、このフランジ部に光軸に対しほぼ垂直な方向に延びた面を設けることで更に精度の高い取付が可能となる。

【0088】

また、本発明による各光ピックアップ装置は、光源と、この光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、上記対物レンズとして上述の両面非球面単玉対物レンズをそれぞれ備える。この場合、光情報記録媒体からの反射光を検出するが、透過光であってもよい。

【0089】

更に、本発明による各光ピックアップ装置は、光源と、この光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光する対物レンズとを有し、その光情報記録媒体からの光を検出することにより、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記カップリングレンズは前記対物レンズの色収差を補正する機能を有し、上記対物レンズとして上述の両面非球面単玉対物レンズをそれぞれ備える。この場合、光情報記録媒体からの反射光を検出するが、透過光であってもよい。

【0090】

対物レンズを非球面単玉対物レンズとすると、高密度記録再生装置に適した対物レンズを得ることができる一方、屈折系の単玉対物レンズであるため、短波長側でアンダーな軸上色収差を生じるのであるが、上述の光ピックアップ装置によ

れば、カップリングレンズによってこれを補正することができる。即ち、カップリングレンズ軸上色収差を短波長側でオーバーとすれば、対物レンズの軸上色収差を軽減することができる。これによって上記対物レンズと併せて、簡易な構成で軸上色収差が補正された光学系を有する光ピックアップ装置を得ることができる。

【 0 0 9 1 】

この場合、前記カップリングレンズは前記光源からの光束をほぼ平行光束にコリメートするコリメートレンズであってもよい。この構成によれば、ピックアップ光学系の組み立て調整が簡易となる。

【 0 0 9 2 】

また、前記対物レンズと前記カップリングレンズとの合成系の色収差が次式(20)を満たすようにできる。

【 0 0 9 3 】

$$\delta f b \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m \quad (\delta f b > 0) \quad (20)$$

但し、 $\delta f b$: 波長が基準波長から + 1 nm 変化した時の、合成系の焦点位置の変化 (μm)

NA : 対物レンズのディスク側の開口数

【 0 0 9 4 】

また、次式(20)' を満たすことが更に好ましい。

【 0 0 9 5 】

$$0.02 \mu m \leq \delta f b \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m \quad (\delta f b > 0) \quad (20)'$$

【 0 0 9 6 】

上記各構成はカップリングレンズによる色収差の補正に関するものである。発振波長 400 nm 程度の短波長レーザ半導体を扱う場合、微小な波長のずれにより対物レンズで生じる軸上色収差は許容できない重要な問題となるが、その原因として以下のことが挙げられる。一般のレンズ材料は短波長を取り扱う場合、微小な波長変動に対して屈折率変化が大きい。その結果、焦点のデフォーカス量が大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、 $k \lambda / NA^2$ (k は比例定数) で表されることから分かるように、使用波長 (λ) が短いほど焦点深度が小さ

くなり、わずかなデフォーカス量も許されない。ISOM/ODS'99 Postdeadline Poster PapersのセッションWD26では、Ga N青色半導体レーザについて、スペクトル幅が 0.7 nm (FWMH)の高周波重畳が示されている。ピックアップ光学系の波面収差は、この高周波重畳に対して $0.02\lambda\text{ rms}$ 程度に抑えることが望ましい。このために必要な軸上色収差の補正の程度を色の球面収差が補正されていると仮定して概略的に求めてみた。すると、基準波長 400 nm の場合、ディスク側の開口数をNAとすると、スペクトル幅が、 0.7 nm (FWMH)の高周波重畳に対して、波面収差を $0.02\lambda\text{ rms}$ に抑えるには、合成系の軸上色収差を波長変動 1 nm に対し、約 $0.15\mu\text{ m}/\text{NA}^2$ 以内に抑えることが必要であった。一方、合成系の軸上色収差は完全に補正する必要はなく、波面収差が許容できる範囲で残存していてもよい。本願のように対物レンズが屈折系の単玉レンズの場合、対物レンズでは長波長に対し軸上色収差はプラスなので、合成系でも長波長に対しプラスの値で残存させることにより、カップリングレンズを簡易に構成することができる。例えば、カップリングレンズを1群2枚の接合レンズで構成する場合、合成系を完全に色補正する場合よりもカップリングレンズの各レンズ要素のパワーが弱くなって、作り易く収差の良いカップリングレンズができる。またカップリングレンズを回折レンズとして色補正する場合でも、回折面のパワーが弱くてすむため、回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズを製造しやすくなる。このために上記条件式の下限を設けた。

【0097】

また、合成系の倍率 m に関し次式を満たすことが好ましい。

【0098】

$$0.1 \leq |m| \leq 0.5 \quad (m < 0)$$

但し、 m ：対物レンズとカップリングレンズとの合成系の倍率

【0099】

上記条件式の下限以上であると、合成系がコンパクトとなり、上限以下であると、カップリングレンズの収差が良くなる。

【0100】

また、前記カップリングレンズは1枚であっても、複数枚から構成されていて

もよいが、1群2枚構成であることが好ましい。カップリングレンズが1群2枚構成であることにより、カップリングレンズが製造しやすく簡易な構成となる。また、1群2枚構成のカップリングレンズを用いる場合、軸上性能を保持したまま短波長側でオーバー、長波長側でアンダーな軸上色収差を大きく発生させることができる。その結果、合成系で軸上性能を保持しつつ、対物レンズで発生する短波長側でアンダー、長波長側でオーバーな軸上色収差をより良好に補正することが可能となり、モードホップのような瞬間的な波長変動に対して有利である。また、このように軸上色収差を短波長側でオーバー、長波長側でアンダーとすると、カップリングレンズの発散作用を持つ接合面の曲率が大きくなりがちである。そのため、基準波長の球面収差を抑えると、短波長側でオーバー、長波長側でアンダーな球面収差が大きく発生する。その結果、対物レンズで発生する短波長・長波長側の球面収差をキャンセルするため、波長変動した際の合成系の球面収差を小さく抑えることが可能となる。

【0101】

なお、カップリングレンズは、非球面を有することが好ましい。片面のみを非球面としてもよいし、両面非球面としてもよい。また、前記カップリングレンズは非球面を有する1群2枚構成であることにより、非球面の収差補正作用によりカップリングレンズの開口数を大きくでき、全長が短いコンパクトな合成系を得ることができる。

【0102】

また、前記カップリングレンズは回折面を有することにより、特にプラスチック非球面レンズに回折面を付加することで、単玉という簡易な構成で性能の良いカップリングレンズが得られる。この場合、前記カップリングレンズは、単玉レンズであって、一方の面のみに回折面を有することが好ましい。単玉カップリングレンズの両面に回折面を設けると、カップリングレンズの面偏芯時の波面収差が劣化しやすいが、片面のみに回折レンズを設けることで、この劣化を防ぐことができる。

【0103】

また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、光学系

の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、光学系の球面収差がオーバー或いはアンダー側に変動した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【 0 1 0 4 】

また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。光源の半導体レーザの発振波長が変動した場合に光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、発振波長が基準波長からシフトした場合、光学系ではオーバー或いはアンダーな球面収差が発生する。カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【 0 1 0 5 】

また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、温湿度変化に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。温度或いは湿度が変化した場合に光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、温湿度変化に起因して光学系でオーバー或いはアンダーな球面収差が発生した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【 0 1 0 6 】

また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微少な変動に起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。光情報記録媒体の保護層の厚み誤差に起因して光学系で発生する球面収差の補正に関し、保護層が厚くなる方向に誤差を持つ場合、光学系ではオーバーな球面収差が薄くなる方向に誤差を持つ場合、アンダーな球面収差が発生する。このとき、カップリングレンズを光軸方向に

適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【 0 1 0 7 】

また、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動、或いは温湿度変化、或いは前記光情報記録媒体の保護層の厚みの微少な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。レーザの発振波長の微少な変動、或いは温湿度変化、或いは光情報記録媒体の保護層の厚みの微少な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して、光学系で発生した球面収差の補正に関し、この場合もカップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【 0 1 0 8 】

また、前記光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変移し、前記光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することが好ましい。対物レンズとの間隔を増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて発散光が入射するので、対物レンズではアンダーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上で述べた原因に起因して光学系でオーバーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を増加させれば、発生したオーバーな球面収差をちょうどキャンセルすることが出来る。逆に、対物レンズとの間隔を減少させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて収束光が入射するので、対物レンズではオーバーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上で述べた原因に起因して光学系でアンダーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を減少させれば、発生したアンダーな球面収差をちょ

うどキャンセルすることが出来る。

【0109】

また、前記カップリングレンズを光軸方向に沿って変移させる変移装置を含むことが好ましい。実際の光ピックアップ装置では、再生信号のRF振幅などをモニターしながら、光学系で発生した球面収差が最適に補正されるようにカップリングレンズを変移させる。このカップリングレンズの変移装置としては、ボイスコイル型アクチュエーターやピエゾアクチュエーターなどを用いることが出来る。

【0110】

なお、本発明による対物レンズ及びカップリングレンズをプラスチック材料から形成する場合、飽和吸水率が0.01%以下であり、光源波長が350～500nmの領域で光透過率が85%以上である材料を用いるのが好ましい。

【0111】

また、上述の各光ピックアップ装置は、対物レンズを介してレーザ光源からの光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光し、その光情報記録媒体からの光を検出器で検出することにより、光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うことができる。

【0112】

上記光情報記録媒体には、例えば、CD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM等の各種CD、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW等の各種DVD、或いはMD等のディスク状の光情報記録媒体が挙げられるが、更に記録密度を高めた新規の高密度光情報記録媒体をも含む。

【0113】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による実施の形態について図面を用いて説明する。図8は本発明の実施の形態を示す光ピックアップ装置の概略的な構成図である。

【0114】

図8の光ピックアップ装置は、対物レンズとして本発明による上述の両面非球面単玉対物レンズを使用したものであり、光源である半導体レーザ3と、光源3

から射出される発散光の発散角を変換するカップリングレンズ2と、カップリングレンズ2からの光束を光情報記録媒体の情報記録面5に集光する対物レンズ1と、光情報記録媒体の情報記録面5からの反射光を受光する光検出器4とを備えている。

【0115】

図8の光ピックアップ装置は、更に、情報記録面5からの反射光を光検出器4に向けて分離するビームスプリッタ6と、カップリングレンズ2と対物レンズ1との間に配置された1/4波長板7と、対物レンズ8に前置された絞り8と、シリンドリカルレンズ9と、フォーカス・トラッキング用の2軸アクチュエータ10とを備える。つまり、本実施形態において、集光光学系は、ビームスプリッタと、カップリングレンズと、1/4波長板と、対物レンズと、絞りとを有するものである。なお、本実施形態においては、ビームスプリッタは、集光光学系に含まれないものと見なしてもよい。

【0116】

また、対物レンズ1は、その外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部1aを有する。このフランジ部1aにより、対物レンズ1を光ピックアップ装置に精度よく取付けることができる。

【0117】

そして、カップリングレンズ2は、入射された発散光束を光軸に対して、ほぼ平行光束にするコリメートレンズであっても良い。この場合は、コリメートレンズ2からの出射光束がほぼ平行光となるように、光源3もしくはコリメートレンズ2を、コリメートレンズの光軸方向に移動調整可能にすることが望ましい。

【0118】

以上のように、本発明の光ピックアップ装置は、光源からの発散光束をほぼ平行光に変換するためのコリメートレンズと、該平行光を情報記録面に集光するための対物レンズとで構成しても良く、また、光源からの発散光束の角度を変えて発散光束又は収束光束に変換するための変換レンズであるカップリングレンズと、該カップリングレンズからの光束を情報記録面に集光するための対物レンズとで構成しても良い。また、光源からの発散光束を情報記録面に集光するための対

物レンズ（有限共役型対物レンズ）のみで構成しても良い。

【0119】

そして、このような光ピックアップ装置に本発明による非球面単玉対物レンズを使用することにより、光ディスク用の高密度記録再生が可能な光ピックアップ装置を得ることが出来る。

【0120】

図57は、図8の光ピックアップ装置に、カップリングレンズ2を光軸方向に沿って変移させるための1軸アクチュエータ11を備えさせた光ピックアップ装置を示す図である。この変移装置としての1軸アクチュエータ11によって、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。また、光源の半導体レーザ3の発振波長が変動した場合、温度或いは湿度が変化した場合、光情報記録媒体の保護層の厚み誤差に起因して光学系で球面収差が発生する場合等に、1軸アクチュエータ11でカップリングレンズ2を光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0121】

【実施例】

次に、本発明による対物レンズ及び光ピックアップ装置の実施例1～15、28及びカップリングレンズとカップリングレンズ及び光ピックアップ装置の実施例16～27、29～32について説明する。なお、光ピックアップ装置の概略的な構成の例は、実施の形態で説明した図8、図57に示す通りであり、以下の各実施例に記述した構成や条件を満たすように、半導体レーザの基準波長の選択（光源の設定）、カップリングレンズの使用や削除あるいはカップリングレンズとしてコリメートレンズの使用といった設定、絞り8の開口の設定、また各部品の配置位置の設定等を行い、それに各実施例の対物レンズやカップリングレンズを搭載することにより本発明による光ピックアップ装置を得たものである。

【0122】

まず、対物レンズの実施例を説明する。以下の表 1 に実施例 1 ～ 1 5、2 8 のデータの一覧を示す。

【 0 1 2 3 】

【表 1】

実施例一覧表

| 実施例 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| f | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 0.13 | 2.65 | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 1.76 | 1.76 |
| NA | 0.85 | 0.75 | 0.85 | 0.75 | 0.83 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 波長(nm) | 400 | 400 | 400 | 400 | 660 | 400 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 |
| d 1/f | 1.79 | 1.73 | 1.68 | 1.59 | 1.76 | 1.79 | 1.42 | 1.56 | 1.47 | 1.51 | 1.50 | 1.36 | 2.07 | 2.22 | 1.43 |
| f/ν d | 0.048 | 0.048 | 0.033 | 0.033 | 0.003 | 0.047 | 0.048 | 0.033 | 0.030 | 0.019 | 0.022 | 0.083 | 0.083 | 0.108 | 0.030 |
| ν d | 37.0 | 37.0 | 53.2 | 53.2 | 40.9 | 56.0 | 37.0 | 53.2 | 59.5 | 95.0 | 81.6 | 21.2 | 21.2 | 16.6 | 59.5 |
| r 1/(n · f) | 0.53 | 0.53 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.44 | 0.42 | 0.44 | 0.44 | 0.60 | 0.64 | 0.46 |
| n | 1.85614 | 1.85614 | 1.71667 | 1.71667 | 1.79998 | 1.56119 | 1.85614 | 1.71558 | 1.52523 | 1.44280 | 1.50716 | 2.15857 | 2.15857 | 2.34860 | 1.52523 |
| 波面収差 (λ rms) | 軸上 | 0.010 | 0.005 | 0.012 | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.008 | 0.008 | 0.014 | 0.009 | 0.002 | 0.006 | 0.006 | 0.010 |
| | 軸外 (像高) | 0.054 | 0.029 | 0.060 | 0.033 | 0.019 | 0.070 | 0.063 | 0.098 | 0.118 | 0.108 | 0.112 | 0.032 | 0.030 | 0.081 |
| | (画角) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.005mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) | (0.03mm) |
| | | (1°) | (1°) | (1°) | (1°) | (2°) | (1°) | (1°) | (1°) | (1°) | (1°) | (1°) | (1°) | (1°) | (1°) |

| | | |
|-----------------|------------|-------------------|
| 実施例 | | 28 |
| f | | 1.76 |
| NA | | 0.85 |
| 波長(nm) | | 405 |
| d 1/f | | 1.50 |
| f/ν d | | 0.031 |
| ν d | | 56.5 |
| r 1/(n · f) | | 0.44 |
| n | | 1.52491 |
| 波面収差 (λ rms) | 軸上 | 0.006 |
| | 軸外 (像高) | 0.086 (0.03mm) |
| | (画角) | (1°) |
| | | |

【 0 1 2 4 】

実施例 1 ～ 4 及び 6、7 の対物レンズは、基準波長 4 0 0 n m 用としての無限対物レンズであり、実施例 8 ～ 1 5 の対物レンズは、基準波長 4 0 5 n m 用とし

ての無限対物レンズである。実施例 6, 9 ではそれぞれ、対物レンズと光情報記録媒体の像面との間に、0.1 mm 厚の光情報記録媒体の保護層を想定するとともに、0.1 mm 以上のワーキングディスタンスとを設け、対物レンズにはプラスチック材料を使用している。実施例 5 の対物レンズは、基準波長 660 nm 用としての有限対物レンズである。また、実施例 15 は、回折部を有する実施例である。なお、表 1 の、「波面収差」の「軸外」と記載されている部分の項が、像高特性を示している。表 1 から、実施例 1 ~ 15 において、像高特性が良好であることがわかる。なお、レンズの材料は、実施例 6, 9, 15 がプラスチックであり、それら以外の実施例がガラスである。また、実施例 5 は透明基板なしで、それ以外の実施例の透明基板は 0.1 mm である。

【0125】

また、本実施例における非球面については、光軸方向を x 軸、光軸に垂直な方向の高さを h、面の曲率半径を r とするとき次式（数 1）で表す。但し、K を円錐係数、 A_{2i} を非球面係数とする。

【0126】

【数 1】

$$x = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1+K)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_{2i} h^{2i}$$

【0127】

〈実施例 1〉

【0128】

レンズデータを表 2、非球面係数を表 3 に示す。実施例 1 のレンズを図 1 に示すが、図 1 (a) は断面図であり、図 1 (b) は収差図である。

【0129】

λ (波長) = 400 nm

【0130】

$$f = 1.765 \text{ mm}$$

【0 1 3 1】

$$NA = 0.85$$

【0 1 3 2】

倍率 = 0

【0 1 3 3】

【表 2】

| | r(mm) | d(mm) | N | νd |
|----|----------|-------|---------|---------------|
| 1* | 1.72078 | 3.150 | 1.85614 | 37.0 |
| 2* | -1.92753 | 0.213 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.62158 | 30.0 } カバーガラス |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* : 非球面

【0 1 3 4】

【表 3】

| 非球面係数 | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 第 1 面 | 第 2 面 |
| $K = -0.319957$ | $K = -126.71803$ |
| $A_4 = -0.897201 \times 10^{-3}$ | $A_4 = 0.446627 \times 10^{-1}$ |
| $A_6 = -0.132966 \times 10^{-2}$ | $A_6 = -0.374370 \times 10^{-1}$ |
| $A_8 = 0.567005 \times 10^{-3}$ | $A_8 = 0.128630 \times 10^{-1}$ |
| $A_{10} = -0.488314 \times 10^{-3}$ | $A_{10} = -0.176551 \times 10^{-1}$ |
| $A_{12} = 0.337127 \times 10^{-4}$ | $A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$ |
| $A_{14} = 0.426690 \times 10^{-4}$ | |
| $A_{16} = -0.200712 \times 10^{-4}$ | |

【0 1 3 5】

〈実施例 2〉

【0 1 3 6】

レンズデータを表 4、非球面係数を表 5 に示す。実施例 2 のレンズを図 2 に示すが、図 2 (a) は断面図であり、図 2 (b) は収差図である。

【 0 1 3 7 】

λ (波長) = 4 0 0 n m

【 0 1 3 8 】

f = 1 . 7 6 5 m m

【 0 1 3 9 】

N A = 0 . 7 5

【 0 1 4 0 】

倍率 = 0

【 0 1 4 1 】

【表 4】

| | r(mm) | d(mm) | N | νd |
|-----|----------|-------|---------|---------------|
| 1 * | 1.72793 | 3.037 | 1.85614 | 37.0 |
| 2 * | -2.27646 | 0.272 | 1.62158 | 30.0 } カバーガラス |
| 3 | ∞ | 0.100 | | |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* : 非球面

【 0 1 4 2 】

【表 5】

| 非球面係数 | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 第 1 面 | 第 2 面 |
| $K = -0.332121$ | $K = -87.525272$ |
| $A_4 = -0.142338 \times 10^{-2}$ | $A_4 = 0.378863 \times 1$ |
| $A_6 = -0.145971 \times 10^{-2}$ | $A_6 = -0.330567 \times 10$ |
| $A_8 = 0.480431 \times 10^{-3}$ | $A_8 = 0.125735 \times 10^2$ |
| $A_{10} = -0.506544 \times 10^{-3}$ | $A_{10} = -0.193685 \times 10^2$ |
| $A_{12} = 0.213333 \times 10^{-4}$ | $A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$ |
| $A_{14} = 0.180460 \times 10^{-4}$ | |
| $A_{16} = -0.104472 \times 10^{-4}$ | |

【 0 1 4 3 】

〈実施例 3〉

【 0 1 4 4 】

レンズデータを表 6、非球面係数を表 7 に示す。実施例 3 のレンズを図 3 に示すが、図 3 (a) は断面図であり、図 3 (b) は収差図である。

【 0 1 4 5 】

 λ (波長) = 4 0 0 n m

【 0 1 4 6 】

 $f = 1.765$ m m

【 0 1 4 7 】

N A = 0.85

【 0 1 4 8 】

倍率 = 0

【 0 1 4 9 】

【表 6】

| | r(mm) | d(mm) | N | ν_d |
|----|----------|-------|---------|---------------|
| 1* | 1.51143 | 2.946 | 1.71667 | 53.2 |
| 2* | -1.44415 | 0.267 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.62158 | 30.0 } カバーガラス |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* : 非球面

【 0 1 5 0 】

【表 7】

| 非球面係数 | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 第 1 面 | 第 2 面 |
| $K = -0.435901$ | $K = -59.503252$ |
| $A_4 = 0.227660 \times 10^{-2}$ | $A_4 = 0.330895 \times 10^{-1}$ |
| $A_6 = -0.331034 \times 10^{-2}$ | $A_6 = -0.173954 \times 10^{-1}$ |
| $A_8 = 0.363944 \times 10^{-2}$ | $A_8 = 0.376531 \times 10^{-1}$ |
| $A_{10} = -0.258170 \times 10^{-2}$ | $A_{10} = -0.327613 \times 10^{-1}$ |
| $A_{12} = 0.676932 \times 10^{-3}$ | $A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$ |
| $A_{14} = 0.153229 \times 10^{-4}$ | |
| $A_{16} = -0.463776 \times 10^{-4}$ | |

【0 1 5 1】

＜実施例 4＞

【0 1 5 2】

レンズデータを表 8、非球面係数を表 9 に示す。実施例 4 のレンズを図 4 に示すが、図 4 (a) は断面図であり、図 4 (b) は収差図である。

【0 1 5 3】

 λ (波長) = 4 0 0 n m

【0 1 5 4】

 $f = 1. 7 6 5$ m m

【0 1 5 5】

N A = 0. 7 5

【0 1 5 6】

倍率 = 0

【0 1 5 7】

【表 8】

| | r(mm) | d(mm) | N | νd |
|----|----------|-------|---------|---------|
| 1* | 1.51629 | 2.801 | 1.71667 | 53.2 |
| 2* | -1.74496 | 0.342 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.62158 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

*：非球面

【0 1 5 8】

【表 9】

| 非球面係数 | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 第 1 面 | 第 2 面 |
| $K = -0.448813$ | $K = -46.678777$ |
| $A_4 = 0.580310 \times 10^{-3}$ | $A_4 = 0.219283 \times 10^{-1}$ |
| $A_6 = -0.158678 \times 10^{-2}$ | $A_6 = -0.124381 \times 10^{-1}$ |
| $A_8 = 0.136862 \times 10^{-2}$ | $A_8 = 0.291780 \times 10^{-1}$ |
| $A_{10} = -0.198562 \times 10^{-2}$ | $A_{10} = -0.280227 \times 10^{-1}$ |
| $A_{12} = 0.114053 \times 10^{-2}$ | $A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$ |
| $A_{14} = -0.438727 \times 10^{-3}$ | |
| $A_{16} = 0.508367 \times 10^{-4}$ | |

【0 1 5 9】

＜実施例 5＞

【0 1 6 0】

レンズデータを表 1 0、非球面係数を表 1 1 に示す。実施例 5 のレンズを図 5 に示すが、図 5 (a) は断面図であり、図 5 (b) は収差図である。

【0 1 6 1】

 λ (波長) = 6 6 0 n m

【0 1 6 2】

 $f = 0. 1 3 1$ m m

【0 1 6 3】

NA = 0. 8 3

【 0 1 6 4 】

倍率 = - 0. 1 4 5 6

【 0 1 6 5 】

【表 1 0】

| | r(mm) | d(mm) | N | νd |
|-----|--------|-------|---------|---------|
| 1 * | 0.115 | 0.226 | 1.79998 | 40.9 |
| 2 * | -0.147 | 0.000 | | |

* : 非球面

【 0 1 6 6 】

【表 1 1】

| 非球面係数 | |
|---|---|
| 第 1 面 | 第 2 面 |
| K = -0.3946 | K = -77.181 |
| A ₄ = -0.78479 × 10 | A ₄ = 0.24008 × 10 ² |
| A ₆ = -0.23519 × 10 ⁴ | A ₆ = -0.10585 × 10 ⁵ |
| A ₈ = 0.56266 × 10 ⁵ | A ₈ = 0.93242 × 10 ⁶ |
| A ₁₀ = -0.27400 × 10 ⁷ | A ₁₂ = -0.10004 × 10 ¹⁰ |
| A ₁₂ = -0.20657 × 10 ⁹ | |
| A ₁₄ = 0.75407 × 10 ⁷ | |
| A ₁₆ = -0.35744 × 10 ¹¹ | |

【 0 1 6 7 】

＜実施例 6＞

【 0 1 6 8 】

レンズデータを表 1 2、非球面係数を表 1 3 に示す。実施例 6 のレンズを図 6 に示すが、図 6 (a) は断面図であり、図 6 (b) は収差図である。

【 0 1 6 9 】

λ (波長) = 4 0 0 n m

【 0 1 7 0 】

$$f = 2.647 \text{ mm}$$

【0 1 7 1】

$$NA = 0.85$$

【0 1 7 2】

倍率 = 0

【0 1 7 3】

【表 1 2】

| | r(mm) | d(mm) | N | νd |
|----|----------|-------|---------|---------|
| 1* | 1.97771 | 4.748 | 1.56119 | 56.0 |
| 2* | -0.81768 | 0.300 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.62158 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

*：非球面

【0 1 7 4】

【表 1 3】

| 非球面係数 | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 第 1 面 | 第 2 面 |
| $K = -0.576418$ | $K = -19.183803$ |
| $A_4 = 0.265281 \times 10^{-2}$ | $A_4 = 0.335865 \times 1$ |
| $A_6 = -0.413751 \times 10^{-3}$ | $A_6 = -0.922525 \times 1$ |
| $A_8 = 0.317393 \times 10^{-3}$ | $A_8 = 0.116730 \times 10$ |
| $A_{10} = -0.591851 \times 10^{-4}$ | $A_{10} = -0.591738 \times 1$ |
| $A_{12} = -0.442060 \times 10^{-5}$ | $A_{12} = -0.291540 \times 10^{-5}$ |
| $A_{14} = 0.362723 \times 10^{-5}$ | |
| $A_{16} = -0.412233 \times 10^{-6}$ | |

【0 1 7 5】

＜実施例 7＞

【0 1 7 6】

レンズデータを表 1 4、非球面係数を表 1 5 に示す。実施例 7 のレンズを図 7 に示すが、図 7 (a) は断面図であり、図 7 (b) は収差図である。

【0 1 7 7】

λ (波長) = 4 0 0 n m

【 0 1 7 8 】

f = 1 . 7 6 5 m m

【 0 1 7 9 】

N A = 0 . 8 5

【 0 1 8 0 】

倍率 = 0

【 0 1 8 1 】

【表 1 4】

| | r(mm) | d(mm) | N | νd |
|----|-----------|-------|---------|---------------|
| 1* | 1.53773 | 2.500 | 1.85614 | 37.0 |
| 2* | -21.60833 | 0.380 | 1.62158 | 30.0 } カバーガラス |
| 3 | ∞ | 0.100 | | |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* : 非球面

【 0 1 8 2 】

【表 1 5】

| 非球面係数 | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 第 1 面 | 第 2 面 |
| K = -0.329489 | K = 199.72542 |
| $A_4 = -0.165113 \times 10^{-2}$ | $A_4 = 0.344557 \times 10^{-1}$ |
| $A_6 = -0.913997 \times 10^{-3}$ | $A_6 = -0.119299 \times 10^{-1}$ |
| $A_8 = -0.127668 \times 10^{-3}$ | $A_8 = 0.181507 \times 10^{-1}$ |
| $A_{10} = -0.319026 \times 10^{-3}$ | $A_{10} = -0.110457 \times 10^{-1}$ |
| $A_{12} = 0.691773 \times 10^{-4}$ | $A_{12} = -0.252229 \times 10^{-3}$ |
| $A_{14} = -0.241646 \times 10^{-4}$ | |
| $A_{16} = -0.187683 \times 10^{-4}$ | |

【 0 1 8 3 】

<実施例 8>

【0184】

レンズデータ及び非球面係数を表16に示す。実施例8の対物レンズの断面図を図9に示し、収差図を図10に示す。また、第1面で $1\mu\text{m}$ 偏芯時の波面収差は 0.021λ であり、像高特性は 0.011λ （内、コマ収差成分 0.007λ ）であった。

【0185】

【表16】

実施例8

$\lambda = 405 [\text{nm}]$
 $f = 1.765 [\text{mm}]$
 $\text{NA} = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | ν_d |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1* | 1.43376 | 2.750 | 1.71558 | 53.2 |
| 2* | -2.11753 | 0.290 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第1面

$K = -0.452646$
 $A_4 = 0.571669E-02$
 $A_6 = -0.591147E-02$
 $A_8 = 0.721339E-02$
 $A_{10} = -0.398819E-02$
 $A_{12} = 0.390519E-03$
 $A_{14} = 0.446956E-03$
 $A_{16} = -0.135385E-03$

第2面

$K = -185.75159$
 $A_4 = 0.281279E+00$
 $A_6 = -0.742134E+00$
 $A_8 = 0.667680E+00$
 $A_{10} = -0.195290E+00$
 $A_{12} = -0.252228E-03$

【 0 1 8 6 】

＜実施例 9＞

【 0 1 8 7 】

レンズデータ及び非球面係数を表 1 7 に示す。実施例 9 の対物レンズの断面図を図 1 1 に示し、収差図を図 1 2 に示す。

【 0 1 8 8 】

【表 1 7】

実施例 9

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | ν_d |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1* | 1.17503 | 2.602 | 1.52523 | 59.5 |
| 2* | -1.04152 | 0.357 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第1面

K = -0.682004
 A 4 = 0.180213E-01
 A 6 = 0.368416E-02
 A 8 = 0.140365E-02
 A 10 = 0.342876E-03
 A 12 = -0.311534E-04
 A 14 = 0.103341E-03
 A 16 = 0.141728E-04

第2面

K = -29.373780
 A 4 = 0.297543E+00
 A 6 = -0.423018E+00
 A 8 = 0.295535E+00
 A 10 = -0.829290E-01
 A 12 = -0.252257E-03

【 0 1 8 9 】

< 実施例 1 0 >

【 0 1 9 0 】

レンズデータ及び非球面係数を表 1 8 に示す。実施例 1 0 の対物レンズの断面図を図 1 3 に示し、収差図を図 1 4 に示す。

【 0 1 9 1 】

【 表 1 8 】

実施例 1 0

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | ν_d |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1* | 1.07547 | 2.657 | 1.44260 | 95.0 |
| 2* | -0.69088 | 0.366 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第 1 面

$K = -0.700141$
 $A_4 = 0.190496E-01$
 $A_6 = 0.502475E-02$
 $A_8 = 0.115240E-02$
 $A_{10} = 0.134395E-03$
 $A_{12} = 0.369702E-04$
 $A_{14} = 0.315362E-03$
 $A_{16} = -0.398715E-04$

第 2 面

$K = -12.891107$
 $A_4 = 0.262567E+00$
 $A_6 = -0.355053E+00$
 $A_8 = 0.236709E+00$
 $A_{10} = -0.631951E-01$
 $A_{12} = -0.253345E-03$

【 0 1 9 2 】

< 実施例 1 1 >

【 0 1 9 3 】

レンズデータ及び非球面係数を表 1 9 に示す。実施例 1 1 の対物レンズの断面図を図 1 5 に示し、収差図を図 1 6 に示す。

【 0 1 9 4 】

【表 1 9】

実施例 1 1

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | νd |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1* | 1.15821 | 2.647 | 1.50716 | 81.6 |
| 2* | -0.90947 | 0.346 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第 1 面

$K = -0.661186$
 $A_4 = 0.159215E-01$
 $A_6 = 0.483822E-02$
 $A_8 = -0.630221E-03$
 $A_{10} = 0.130734E-02$
 $A_{12} = -0.585454E-04$
 $A_{14} = -0.503797E-04$
 $A_{16} = 0.569157E-04$

第 2 面

$K = -24.300945$
 $A_4 = 0.296712E+00$
 $A_6 = -0.416550E+00$
 $A_8 = 0.289015E+00$
 $A_{10} = -0.807695E-01$
 $A_{12} = -0.252243E-03$

【 0 1 9 5 】

〈実施例 1 2〉

【0 1 9 6】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 0 に示す。実施例 1 2 の対物レンズの断面図を図 1 7 に示し、収差図を図 1 8 に示す。

【0 1 9 7】

【表 2 0】

実施例 1 2

$\lambda = 405$ [nm]
 $f = 1.765$ [mm]
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | ν_d |
|----|----------|----------|---------|---------|
| 1* | 1.69377 | 2.400 | 2.15857 | 21.2 |
| 2* | 2.36431 | 0.361 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第 1 面

$K = -0.413733$
 $A_4 = 0.330545E-02$
 $A_6 = -0.226795E-03$
 $A_8 = 0.133470E-02$
 $A_{10} = -0.133780E-02$
 $A_{12} = 0.654514E-03$
 $A_{14} = -0.152871E-03$
 $A_{16} = 0.488831E-05$

第 2 面

$K = -9.944350$
 $A_4 = 0.834366E-01$
 $A_6 = -0.534921E+00$
 $A_8 = 0.647444E+00$
 $A_{10} = -0.195829E+00$
 $A_{12} = -0.252217E-03$

【 0 1 9 8 】

＜ 実施例 1 3 ＞

【 0 1 9 9 】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 1 に示す。実施例 1 3 の対物レンズの断面図を図 1 9 に示し、収差図を図 2 0 に示す。

【 0 2 0 0 】

【表 2 1】

実施例 1 3

$\lambda = 405$ [nm]
 $f = 1.765$ [mm]
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | ν_d |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1* | 2.30000 | 3.650 | 2.15857 | 21.2 |
| 2* | -2.73024 | 0.200 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第1面

K = -0.456357
 A 4 = 0.712833E-03
 A 6 = -0.604365E-03
 A 8 = 0.898662E-03
 A10 = -0.133726E-02
 A12 = 0.785181E-03
 A14 = -0.223083E-03
 A16 = 0.199958E-04

第2面

K = -219.93144
 A 4 = -0.962060E-01
 A 6 = -0.200434E+00
 A 8 = 0.741851E+00
 A10 = -0.292121E+00
 A12 = -0.252226E-03

【0 2 0 1】

＜実施例 1 4＞

【0 2 0 2】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 2 に示す。実施例 1 4 の対物レンズの断面図を図 2 1 に示し、収差図を図 2 2 に示す。

【 0 2 0 3 】

【 表 2 2 】

実施例 1 4

$\lambda = 405$ [nm]
 $f = 1.765$ [mm]
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | ν_d |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1* | 2.64228 | 3.919 | 2.34860 | 16.6 |
| 2* | -3.55612 | 0.200 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第 1 面

$K = -0.467576$
 $A_4 = 0.555792E-03$
 $A_6 = -0.149475E-02$
 $A_8 = 0.178501E-02$
 $A_{10} = -0.157718E-02$
 $A_{12} = 0.651169E-03$
 $A_{14} = -0.127250E-03$
 $A_{16} = 0.484981E-05$

第 2 面

$K = -321.19491$
 $A_4 = -0.195720E+00$
 $A_6 = 0.310925E+00$
 $A_8 = -0.244958E+00$
 $A_{10} = 0.486778E-01$
 $A_{12} = -0.252220E-03$

【 0 2 0 4 】

＜ 実施例 1 5 ＞

【 0 2 0 5 】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 3 に示す。実施例 1 5 の対物レンズの断面
 図を図 2 3 に示し、収差図を図 2 4 に示す。

【 0 2 0 6 】

【 表 2 3 】

実施例 1 5

$\lambda = 405$ [nm]
 $f = 1.765$ [mm]
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | n | νd |
|-----------------|-----------|--------|----------|---------|
| 1 (非球面 1 回折面 1) | 1. 23647 | 2. 532 | 1. 52523 | 59. 5 |
| 2 (非球面 2) | -1. 18419 | 0. 336 | | |
| 3 | ∞ | 0. 100 | 1. 61950 | 30. 0 |
| 4 | ∞ | 0. 000 | | |

非球面 1

$K = -0.68816$
 $A_4 = 0.17621E-01$
 $A_6 = 0.32160E-02$
 $A_8 = 0.17762E-02$
 $A_{10} = 0.28747E-03$
 $A_{12} = -0.17669E-03$
 $A_{14} = 0.94949E-04$
 $A_{16} = 0.17955E-04$

回折面 1

$b_2 = -0.20985E-01$
 $b_4 = -0.26478E-02$
 $b_6 = -0.31346E-03$
 $b_8 = -0.63327E-04$
 $b_{10} = -0.45002E-04$
 $b_{12} = -0.20458E-04$
 $b_{14} = -0.10510E-04$
 $b_{16} = 0.36615E-05$

非球面 2

$K = -41.704463$
 $A_4 = 0.362699E+00$
 $A_6 = -0.534069E+00$
 $A_8 = 0.354745E+00$
 $A_{10} = -0.793612E-01$
 $A_{12} = -0.252257E-03$

【 0 2 0 7 】

なお、回折面は、光路差関数 Φ として次式 (数 2) により表すことができる
 (後述する実施例 2 6 においても同様である)。ここで、 h は光軸に垂直な方向
 の高さであり、 b は光路差関数の係数である。

【 0 2 0 8 】

【数 2】

$$\Phi_b = \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} h^{2i}$$

【0 2 0 9】

以上のように、実施例 1～15 及び後述の実施例 28 によれば、光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて開口数が大きく、像高特性の良い非球面単玉対物レンズを得ることが出来た。例えば、実施例 1 に見るように、波長 400 nm で開口数 0.85 であって、画角 1° の像高に対し波面収差の rms が 0.07λ (λ は波長) 以下の単玉対物レンズを得ることが出来た。即ち、開口数が 0.65 以上と大きく、像高特性の良い、高密度記録再生装置に用いるのに好適な、光ピックアップ装置用の両面非球面単玉対物レンズを得ることが出来た。また、実施例 1～15、28 において、偏心感度も良好にでき、球面収差、コマ収差も良好に補正可能である。また、実施例 8 及び 28 のように、像高特性及び第 1 面 1 μm 偏芯時の波面収差は 0.035λ 以下であり、本発明による対物レンズは像高特性及び偏芯感度が良好に補正されている。

【0 2 1 0】

次に、カップリングレンズの実施例を説明する。以下の表 24 に実施例 16～27 のデータの一覧を示す。

【0 2 1 1】

【表 24】

| 実施例 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 対物レンズの材料 | ガラス | ガラス | プラスチック | プラスチック | ガラス | ガラス |
| 対物レンズの焦点距離 | 1.765 | 1.765 | 1.765 | 1.765 | 1.765 | 1.765 |
| 対物レンズの NA | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 基準波長 | 405nm | 405nm | 405nm | 405nm | 405nm | 405nm |
| カップリングレンズの構成 | 球面 タブレット | 球面 タブレット | 球面 タブレット | 球面 タブレット | 非球面 タブレット | 非球面 タブレット |
| カップリングレンズから射出する 光束の発散角 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 |
| $0.1 \leq m \leq 0.6 \quad (m < 0)$ | 0.20 | 0.13 | 0.20 | 0.13 | 0.33 | 0.20 |
| $\delta fb \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m$ $0.02 \mu m \leq \delta fb \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m$ (δfb) | 0.14 | 0.087 | 0.18 | 0.12 | 0.071 | 0.034 |
| | 0.19 | 0.12 | 0.22 | 0.17 | 0.098 | 0.047 |

| 実施例 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| 対物レンズの材料 | ガラス | プラスチック | プラスチック | プラスチック | プラスチック | 高屈折率 ガラス |
| 対物レンズの焦点距離 | 1.765 | 1.765 | 1.765 | 1.765 | 1.765 | 1.765 |
| 対物レンズの NA | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 基準波長 | 405nm | 405nm | 405nm | 405nm | 405nm | 405nm |
| カップリングレンズの構成 | 非球面 タブレット | 非球面 タブレット | 非球面 タブレット | 非球面 タブレット | 単玉回折 レンズ | 非球面 タブレット |
| カップリングレンズから射出する 光束の発散角 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 |
| $0.1 \leq m \leq 0.6 \quad (m < 0)$ | 0.13 | 0.33 | 0.20 | 0.13 | 0.29 | 0.10 |
| $\delta fb \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m$ $0.02 \mu m \leq \delta fb \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m$ (δfb) | 0.0031 | 0.10 | 0.060 | 0.031 | 0.12 | 0.06 |
| | 0.0043 | 0.14 | 0.083 | 0.043 | 0.17 | 0.08 |

| 実施例 | 29 | 30 | 31 | 32 |
|---|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 対物レンズの材料 | プラスチック | プラスチック | プラスチック | プラスチック |
| 対物レンズの焦点距離 | 1.765 | 1.765 | 1.765 | 1.765 |
| 対物レンズの NA | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 基準波長 | 405nm | 405nm | 405nm | 405nm |
| カップリングレンズの構成 | 単玉回折 レンズ | 単玉回折 レンズ | 非球面 ダブルット | 単玉回折 レンズ |
| カップリングレンズから射出する 光束の発散角 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 | 平行光束 |
| $0.1 \leq m \leq 0.5 \quad (m < 0)$ | 0.26 | 0.27 | 0.2 | 0.15 |
| $\delta fb \cdot NA^2 \leq 0.25 \mu m$ $0.02 \mu m \leq \delta fb \cdot NA^2 \leq 0.15 \mu m$ (δfb) | 0.081 | -0.081 | 0.037 | -0.05 |
| | 0.084 | -0.085 | 0.044 | -0.069 |

【0212】

<実施例 16>

【0213】

レンズデータ及び非球面係数を表 25 に示す。実施例 16 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 25 に示し、球面収差図を図 26 に示す。

【0214】

【表 2 5】

| 面 No | | r (mm) | d (mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | 6.410 | | |
| 1 | カップリング レンズ | -65.708 | 1.423 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 5.042 | 2.242 | 1.75166 | 54.7 |
| 3 | | -5.033 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 1) | 対物レンズ | 1.434 | 2.750 | 1.71558 | 53.2 |
| 5(非球面 2) | | -2.118 | 0.290 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

$$K = -0.452646$$

$$A4 = 0.571669E-2$$

$$A6 = -0.591147E-2$$

$$A8 = 0.721339E-2$$

$$A10 = -0.398819E-2$$

$$A12 = 0.390519E-3$$

$$A14 = 0.446956E-3$$

$$A16 = -0.135385E-3$$

非球面 2

$$K = -185.751580$$

$$A4 = 0.281279$$

$$A6 = -0.742134$$

$$A8 = 0.667680$$

$$A10 = -0.195290$$

$$A12 = -0.252228E-3$$

【0 2 1 5】

<実施例 1 7>

【0 2 1 6】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 6 に示す。実施例 1 7 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 2 7 に示し、球面収差図を図 2 8 に示す。

【0 2 1 7】

【表 2 6】

| 面 No | | r (mm) | d (mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | 9.838 | | |
| 1 | カップリング レンズ | -9.865 | 1.149 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 5.102 | 2.500 | 1.75166 | 54.7 |
| 3 | | -4.713 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 1) | 対物レンズ | 1.434 | 2.750 | 1.71558 | 53.2 |
| 5(非球面 2) | | -2.118 | 0.290 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

 $K = -0.452646$ $A4 = 0.571669E-2$ $A6 = -0.591147E-2$ $A8 = 0.721339E-2$ $A10 = -0.398819E-2$ $A12 = 0.390519E-3$ $A14 = 0.446956E-3$ $A16 = -0.135385E-3$

非球面 2

 $K = -185.751580$ $A4 = 0.281279$ $A6 = -0.742134$ $A8 = 0.667680$ $A10 = -0.195290$ $A12 = -0.252228E-3$

【 0 2 1 8 】

＜実施例 1 8＞

【 0 2 1 9 】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 7 に示す。実施例 1 8 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 2 9 に示し、球面収差図を図 3 0 に示す。

【 0 2 2 0 】

【表 2 7】

(実施例 18)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|-------|---------|---------|
| 光源 | | | 6.410 | | |
| 1 | カップリング レンズ | -65.708 | 1.423 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 5.042 | 2.242 | 1.75166 | 54.7 |
| 3 | | -5.033 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 1) | 対物レンズ | 1.175 | 2.602 | 1.52523 | 59.5 |
| 5(非球面 2) | | -1.042 | 0.357 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

$$K = -0.682004$$

$$A4 = 0.180213E-1$$

$$A6 = 0.368416E-2$$

$$A8 = 0.140365E-2$$

$$A10 = 0.342876E-3$$

$$A12 = -0.311534E-4$$

$$A14 = 0.163341E-3$$

$$A16 = 0.141728E-4$$

非球面 2

$$K = -29.373780$$

$$A4 = 0.297543$$

$$A6 = -0.423018$$

$$A8 = 0.295535$$

$$A10 = -0.829290E-1$$

$$A12 = -0.252257E-3$$

【 0 2 2 1 】

＜実施例 1 9＞

【 0 2 2 2 】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 8 に示す。実施例 1 9 の 1 群 2 枚構成のカ

カップリングレンズと対物レンズの断面図を図 3 1 に示し、球面収差図を図 3 2 に示す。

【 0 2 2 3 】

【表 2 8】

(実施例 19)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | vd |
|----------|---------------|----------|-------|---------|------|
| 光源 | | | 9.838 | | |
| 1 | カップリング レンズ | -9.865 | 1.149 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 5.102 | 2.500 | 1.75166 | 54.7 |
| 3 | | -4.713 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 1) | 対物レンズ | 1.175 | 2.602 | 1.52523 | 59.5 |
| 5(非球面 2) | | -1.042 | 0.357 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

$K = -0.682004$

$A4 = 0.180213E-1$

$A6 = 0.368416E-2$

$A8 = 0.140365E-2$

$A10 = 0.342876E-3$

$A12 = -0.311534E-4$

$A14 = 0.103341E-3$

$A16 = 0.141728E-4$

非球面 2

$K = -29.373780$

$A4 = 0.297543$

$A6 = -0.423018$

$A8 = 0.295535$

$A10 = -0.829290E-1$

$A12 = -0.252257E-3$

【 0 2 2 4 】

<実施例 2 0>

【 0 2 2 5 】

レンズデータ及び非球面係数を表 2 9 に示す。実施例 2 0 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 3 3 に示し、球面収差図を図 3 4 に示す。

【 0 2 2 6 】

【表 2 9】

(実施例 20)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|-------|---------|---------|
| 光源 | | | 3.342 | | |
| 1 | カップリング レンズ | 9.926 | 1.600 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 2.024 | 2.200 | 1.71548 | 53.2 |
| 3(非球面 1) | | -3.518 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 2) | 対物レンズ | 1.434 | 2.750 | 1.71558 | 53.2 |
| 5(非球面 3) | | -2.118 | 0.290 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

$K=0.270078$

$A4=0.425585E-3$

$A6=-0.968014E-3$

$A8=0.315494E-3$

$A10=-0.970417E-4$

非球面 2

$K=-0.452646$

$A4=0.571669E-2$

$A6=-0.591147E-2$

$A8=0.721339E-2$

$A10=-0.398819E-2$

$A12=0.390519E-3$

$A14=0.446956E-3$

$A16=-0.135385E-3$

非球面 3

$K=-185.751580$

$A4=0.281279$

$A6=-0.742134$

$A8=0.667680$

$A10=-0.195290$

$A12=-0.252228E-3$

【 0 2 2 7 】

<実施例 2 1>

【 0 2 2 8 】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 0 に示す。実施例 1 6 の 1 群 2 枚構成のカ
ップリングレンズと対物レンズの断面図を図 3 5 に示し、球面収差図を図 3 6 に
示す。

【 0 2 2 9 】

【表 3 0】

〔実施例 21〕

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|-------|---------|---------|
| 光源 | | | 7.230 | | |
| 1 | カップリング レンズ | 13.531 | 1.000 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 2.551 | 2.100 | 1.71548 | 53.2 |
| 3(非球面 1) | | -5.765 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 2) | 対物レンズ | 1.434 | 2.750 | 1.71558 | 53.2 |
| 5(非球面 3) | | -2.118 | 0.290 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

$$K=0.699858$$

$$A4=-0.53797E-3$$

$$A6=-0.352488E-3$$

$$A8=0.595790E-4$$

$$A10=-0.152115E-4$$

非球面 2

$$K=-0.452646$$

$$A4=0.571669E-2$$

$$A6=-0.591147E-2$$

$$A8=0.721339E-2$$

$$A10=-0.398819E-2$$

$$A12=0.390519E-3$$

$$A14=0.446956E-3$$

$$A16=-0.135385E-3$$

非球面 3

$$K=-185.751580$$

$$A4=0.281279$$

$$A6=-0.742134$$

$$A8=0.667680$$

$$A10=-0.195290$$

$$A12=-0.252228E-3$$

【 0 2 3 0 】

〈実施例 2 2〉

【 0 2 3 1 】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 1 に示す。実施例 2 2 の 1 群 2 枚構成のカ
ップリングレンズと対物レンズの断面図を図 3 7 に示し、球面収差図を図 3 8 に
示す。

【 0 2 3 2 】

【表 3 1】

(実施例 22)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | 11.961 | | |
| 1 | カップリング レンズ | 37.967 | 0.900 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 2.857 | 2.000 | 1.71548 | 53.2 |
| 3(非球面 1) | | -6.448 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 2) | 対物レンズ | 1.434 | 2.750 | 1.71558 | 53.2 |
| 5(非球面 3) | | -2.118 | 0.290 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

K=0.980965

A4=-0.719068E-3

A6=-0.177543E-3

A8=0.364218E-4

A10=-0.120077E-4

非球面 2

K=-0.452646

A4=0.571669E-2

A6=-0.591147E-2

A8=0.721339E-2

A10=-0.398819E-2

A12=0.390519E-3

A14=0.446956E-3

A16=-0.135385E-3

非球面 3

K=-185.751580

A4=0.281279

A6=-0.742134

A8=0.667680

A10=-0.195290

A12=-0.262228E-3

【 0 2 3 3 】

＜実施例 2 3＞

【 0 2 3 4 】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 2 に示す。実施例 2 3 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 3 9 に示し、球面収差図を図 4 0 に示す。

【 0 2 3 5 】

【表 3 2】

(実施例 23)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|-------|---------|---------|
| 光源 | | | 3.342 | | |
| 1 | カップリング レンズ | 9.926 | 1.600 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 2.024 | 2.200 | 1.71548 | 53.2 |
| 3(非球面 1) | | -3.518 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 2) | 対物レンズ | 1.175 | 2.602 | 1.52523 | 59.5 |
| 5(非球面 3) | | -1.042 | 0.357 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

K=0.270078

A4=0.425585E-3

A6=-0.968014E-3

A8=0.315494E-3

A10=-0.970417E-4

非球面 2

K=-0.682004

A4=0.180213E-1

A6=0.368416E-2

A8=0.140365E-2

A10=0.342876E-3

A12=-0.311534E-4

A14=0.103341E-3

A16=0.141728E-4

非球面 3

K=-29.373780

A4=0.297543

A6=-0.423018

A8=0.295535

A10=-0.829290E-1

A12=-0.252257E-3

【 0 2 3 6 】

〈実施例 2 4〉

【 0 2 3 7 】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 3 に示す。実施例 2 4 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 4 1 に示し、球面収差図を図 4 2 に示す。

【 0 2 3 8 】

【表 3 3】

(実施例 24)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | vd |
|----------|---------------|----------|-------|---------|------|
| 光源 | | | 7.230 | | |
| 1 | カップリング レンズ | 13.531 | 1.000 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 2.551 | 2.100 | 1.71548 | 53.2 |
| 3(非球面 1) | | -5.765 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 2) | 対物レンズ | 1.175 | 2.602 | 1.52523 | 59.5 |
| 5(非球面 3) | | -1.042 | 0.357 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

K=0.699858

A4=-0.53797E-3

A6=-0.352488E-3

A8=0.595790E-4

A10=-0.152115E-4

非球面 2

K=-0.682004

A4=0.180213E-1

A6=0.368416E-2

A8=0.140365E-2

A10=0.342876E-3

A12=-0.311534E-4

A14=0.103341E-3

A16=0.141728E-4

非球面 3

K=-29.373780

A4=0.297543

A6=-0.423018

A8=0.295535

A10=-0.829290E-1

A12=-0.252257E-3

【0 2 3 9】

＜実施例 2 5＞

【0 2 4 0】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 4 に示す。実施例 2 5 の 1 群 2 枚構成のカ
ップリングレンズと対物レンズの断面図を図 4 3 に示し、球面収差図を図 4 4 に
示す。

【 0 2 4 1 】

【表 3 4】

(実施例 25)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | 11.961 | | |
| 1 | カップリング レンズ | 37.967 | 0.900 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 2.857 | 2.000 | 1.71548 | 53.2 |
| 3(非球面 1) | | -6.448 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 2) | 対物レンズ | 1.175 | 2.602 | 1.52523 | 59.5 |
| 5(非球面 3) | | -1.042 | 0.357 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

$K=0.980965$

$A4=-0.719068E-3$

$A6=-0.177543E-3$

$A8=0.364218E-4$

$A10=-0.120077E-4$

非球面 2

$K=-0.682004$

$A4=0.180213E-1$

$A6=0.368416E-2$

$A8=0.140365E-2$

$A10=0.342876E-3$

$A12=-0.311534E-4$

$A14=0.103341E-3$

$A16=0.141728E-4$

非球面 3

$K=-29.373780$

$A4=0.297543$

$A6=-0.423018$

$A8=0.295535$

$A10=-0.829290E-1$

$A12=-0.252257E-3$

【 0 2 4 2 】

＜実施例 2 6＞

【 0 2 4 3 】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 5 に示す。実施例 2 6 の 1 枚構成のカップ
リングレンズと対物レンズの断面図を図 4 5 に示し、球面収差図を図 4 6 に示す

。

【 0 2 4 4 】

【表 3 5】

(実施例 26)

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | vd |
|--------------------|---------------|----------|-------|---------|------|
| 光源 | | | 5.103 | | |
| 1(非球面 1) | カップリング レンズ | 15.399 | 2.000 | 1.52523 | 59.5 |
| 2(非球面 2, 回折面 1) | | -5.377 | 5.000 | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 4(非球面 3) | 対物レンズ | 1.175 | 2.602 | 1.52523 | 59.5 |
| 5(非球面 4) | | -1.042 | 0.357 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

K=0

A4=-0.418319E-1

A6=0.41663E-1

A8=0.159039E-1

A10=0.134507E-2

非球面 2

K=0

A4=-0.22293E-2

A6=-0.44722E-3

A8=0.25384E-2

A10=0.46638E-3

回折面 1

b2=-0.18000E-1

b4=-0.80593E-2

b6=0.62172E-2

b8=-0.26442E-2

b10=0.35943E-3

非球面 3

K=-0.682004

A4=0.180213E-1

A6=0.368416E-2

A8=0.140365E-2

A10=0.342876E-3

A12=-0.311534E-4

A14=0.103341E-3

A16=0.141728E-4

非球面 4

K=-29.373780

A4=0.297543

A6=-0.423018

A8=0.295535

A10=-0.829290E-1

A12=-0.252257E-3

【 0 2 4 5 】

＜ 実施例 2 7 ＞

【 0 2 4 6 】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 6 に示す。実施例 2 7 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 4 7 に示し、球面収差図を図 4 8 に示す。

【 0 2 4 7 】

【表 3 6】

| 面 No | | r (mm) | d (mm) | n | νd |
|-----------|-----------|------------------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | 9.531 | | |
| 1 | カップリングレンズ | -11.04660 | 0.800 | 2.34749 | 16.6 |
| 2 | | 1.55601 | 2.000 | 1.71548 | 53.3 |
| 3 (非球面 1) | | -1.99414 | 5.000 | | |
| 絞り | | | 0 | | |
| 4 (非球面 2) | 対物レンズ | 2.3000 | 3.650 | 2.15857 | 21.1 |
| 5 (非球面 3) | | -2.73024 | 0.200 | | |
| 6 | 透明基板 | $\square \infty$ | 0.1 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | $\square \infty$ | | | |
| 像面 | | | | | |

非球面 1

$$k=0.53298$$

$$A4=0.342156e-2$$

$$A6=0.133722e-2$$

$$A8=-0.414740e-3$$

$$A10=0.257160e-3$$

非球面 2

$$k=-0.456357$$

$$A4=0.712833e-3$$

$$A6=-0.604365e-3$$

$$A8=0.898662e-3$$

$$A10=0.133726e-2$$

$$A12=0.785181e-3$$

$$A14=-0.223083e-3$$

$$A16=0.199958e-4$$

非球面 3

$$k=-219.931$$

$$A4=-0.962060e-1$$

$$A6=-0.200434$$

$$A8=0.741851$$

$$A10=0.292121$$

$$A12=-0.252226e-3$$

【 0 2 4 8 】

以上のように、本発明による対物レンズは屈折系の単玉対物レンズであるため、短波長側でアンダーな軸上色収差を生じるのであるが、実施例 16～27 によれば、対物レンズとカップリングレンズとの合成系において、カップリングレンズによってこれを補正することができた。カップリングレンズの軸上色収差を短波長側でオーバーとして対物レンズの軸上色収差を軽減することができた。また

、実施例 1 6 ～ 2 7 において、像高特性も良好である。また、偏心感度も良好にでき、球面収差、コマ収差も良好に補正可能である。

【 0 2 4 9 】

＜実施例 2 8＞

【 0 2 5 0 】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 7 に示す。実施例 2 8 の対物レンズの断面図を図 4 9 に示し、収差図を図 5 0 に示す。また、第 1 面で $1\ \mu\text{m}$ 偏芯時の波面収差は 0.026λ であり、像高特性は 0.008λ (内、コマ収差成分 0.003λ) であった。

【 0 2 5 1 】

【表 3 7】

実施例 28

$\lambda = 405 \text{ [nm]}$
 $f = 1.765 \text{ [mm]}$
 $NA = 0.85$
 倍率 = 0

| | r (mm) | d (mm) | N | ν_d |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1* | 1.19392 | 2.650 | 1.52491 | 56.5 |
| 2* | -0.97515 | 0.355 | | |
| 3 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 4 | ∞ | 0.000 | | |

* ; 非球面

非球面係数

第1面

$K = -0.683354$
 $A_4 = 0.162029E-01$
 $A_6 = 0.154908E-02$
 $A_8 = 0.289288E-02$
 $A_{10} = -0.367711E-03$
 $A_{12} = -0.358222E-03$
 $A_{14} = 0.148419E-03$
 $A_{16} = 0.119603E-03$
 $A_{18} = -0.302302E-04$
 $A_{20} = -0.110520E-04$

第2面

$K = -21.704418$
 $A_4 = 0.308021E+00$
 $A_6 = -0.639499E+00$
 $A_8 = 0.585364E+00$
 $A_{10} = -0.215623E+00$
 $A_{12} = -0.252265E-03$

【0 2 5 2】

<実施例 2 9>

【0 2 5 3】

レンズデータ及び非球面係数を表 3 8 に示す。実施例 2 9 の 1 枚構成のカップ
 リングレンズと対物レンズの断面図を図 5 1 に示し、球面収差図を図 5 2 に示す

【0 2 5 4】

【表 3 8】

実施例 29

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|--------------------|---------------|----------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | d0(可変) | | |
| 1 | カップリング レンズ | -62.022 | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 2(非球面 1, 回折面 1) | | -4.608 | d2(可変) | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 3(非球面 2) | 対物レンズ | 1.194 | 2.650 | 1.52491 | 56.5 |
| 4(非球面 3) | | -0.975 | 0.355 | | |
| 5 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 6 | | ∞ | | | |

非球面 1

K=-2.4335E-01

A4=2.7143E-03

A6=-5.6745E-05

A8=7.0168E-05

A10=-1.5659E-05

回折面 1

b2=-2.0000E-02

b4=-1.3821E-03

非球面 2

K=-0.683354

A4=0.162029E-01

A6=0.154908E-02

A8=0.289288E-02

A10=-0.367711E-03

A12=-0.358222E-03

A14=0.148419E-03

A16=0.119603E-03

A18=-0.302302E-04

A20=-0.110520E-04

非球面 3

K=-21.704418

A4=0.308021E+00

A6=-0.639499E+00

A8=0.585364E+00

A10=-0.215623E+00

A12=-0.252265E-03

【 0 2 5 5 】

本実施例 29 では、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置への負担の軽減を図っている。また、安価に大量生産することが出来る。更に、カップリングレンズを単玉の回折レンズとすることで、簡易な構成で良好に軸上色収差の補正された光学系を実現している。表 39 に様々な原因に起因して発生した球面収差を、カップリングレンズを変移させることで補正した結果を示す。この表 39 からわかるように、本実施例の光学系では、レーザの波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが可能である。

【 0 2 5 6 】

【表 39】

| 球面収差変動の原因 | | 補正後の WFE-rms | d0(mm) | d2(mm) |
|--|------------------------------|-----------------|--------|--------|
| 基準状態 ($\lambda_c=405\text{nm}$, $T_c=25^\circ\text{C}$, $t_c=0.1\text{mm}$) | | 0.007 λ | 6.000 | 5.000 |
| LD の波長変動 | $\Delta\lambda=+10\text{nm}$ | 0.008 λ | 5.941 | 5.059 |
| | $\Delta\lambda=-10\text{nm}$ | 0.022 λ | 6.054 | 4.946 |
| 温度変化 | $\Delta T=+30^\circ\text{C}$ | 0.011 λ | 5.927 | 5.073 |
| | $\Delta T=-30^\circ\text{C}$ | 0.031 λ | 6.071 | 4.929 |
| 透明基板厚誤差 | $\Delta t=+0.02\text{mm}$ | 0.004 λ | 5.853 | 5.147 |
| | $\Delta t=-0.02\text{mm}$ | 0.015 λ | 6.152 | 4.848 |

【 0 2 5 7 】

<実施例 30>

【 0 2 5 8 】

レンズデータ及び非球面係数を表 40 に示す。実施例 30 の 1 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 53 に示し、球面収差図を図 54 に示す。

【 0 2 5 9 】

【表 4 0】

実施例 30

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | vd |
|--------------------|---------------|----------|--------|---------|------|
| 光源 | | | d0(可変) | | |
| 1(非球面 1, 回折面 1) | カップリング レンズ | -226.959 | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 2(非球面 2, 回折面 2) | | -6.733 | d2(可変) | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 3(非球面 3) | 対物レンズ | 1.194 | 2.650 | 1.52491 | 56.5 |
| 4(非球面 4) | | -0.976 | 0.355 | | |
| 5 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 6 | | ∞ | | | |

非球面 1

K=0.0

A4=1.0245E-02

A6=9.6650E-04

A8=-5.9104E-04

A10=8.9735E-05

回折面 1

b2=-2.2967E-02

b4=2.1037E-03

非球面 2

K=-4.3181

A4=1.5848E-03

A6=8.6137E-04

A8=-2.0117E-04

A10=1.3168E-05

回折面 2

b2=-1.7113E-02

b4=8.2815E-04

非球面 3

K=-0.683354

A4=0.162029E-01

A6=0.154908E-02

A8=0.289288E-02

A10=-0.367711E-03

A12=-0.358222E-03

A14=0.148419E-03

A16=0.119603E-03

A18=-0.302302E-04

A20=-0.110520E-04

非球面 4

K=-21.704418

A4=0.308021E+00

A6=-0.639499E+00

A8=0.585364E+00

A10=-0.215623E+00

A12=-0.252265E-03

【 0 2 6 0 】

本実施例 3 0 では、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を

用いることで、光学系の軽量化・フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置への負担の軽減を図っている。また、安価に大量生産することが出来る。光情報記録媒体に情報を記録する際、モードホップによる波面収差の劣化は許容できない問題となる。この光学系では、カップリングレンズを単玉の両面回折レンズとし、軸上色収差を補正過剰にすることで、基準波長の球面収差カーブと短・長波長側の球面収差カーブを交差させている。その結果、波長シフトによる最適記録位置の変化が小さく抑えられ、モードホップ時の波面収差の劣化を防いでいる。表 4 1 に様々な原因に起因して発生した球面収差を、カップリングレンズを変移させることで補正した結果を示す。この表 4 1 からわかるように、本実施例の光学系では、レーザの波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが可能である。

【 0 2 6 1 】

【表 4 1】

| 球面収差変動の原因 | | 補正後の WFE-rms | d0(mm) | d2(mm) |
|--|------------------------------|----------------|--------|--------|
| 基準状態 ($\lambda_c=405\text{nm}$, $T_c=25^\circ\text{C}$, $t_c=0.1\text{mm}$) | | 0.008λ | 6.000 | 5.000 |
| LD の波長変動 | $\Delta\lambda=+10\text{nm}$ | 0.009λ | 5.869 | 5.131 |
| | $\Delta\lambda=-10\text{nm}$ | 0.010λ | 6.141 | 4.859 |
| 温度変化 | $\Delta T=+30^\circ\text{C}$ | 0.006λ | 5.905 | 5.095 |
| | $\Delta T=-30^\circ\text{C}$ | 0.025λ | 6.101 | 4.899 |
| 透明基板厚誤差 | $\Delta t=+0.02\text{mm}$ | 0.003λ | 5.867 | 5.133 |
| | $\Delta t=-0.02\text{mm}$ | 0.014λ | 6.139 | 4.861 |

【 0 2 6 2 】

<実施例 3 1>

【 0 2 6 3 】

レンズデータ及び非球面係数を表 4 2 に示す。実施例 3 1 の 1 群 2 枚構成のカップリングレンズと対物レンズの断面図を図 5 5 に示し、球面収差図を図 5 6 に示す。

【 0 2 6 4 】

【表 4 2】

実施例 31

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|----------|---------------|----------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | d0(可変) | | |
| 1 | カップリング レンズ | 13.531 | 1.000 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | | 2.551 | 2.100 | 1.71548 | 53.2 |
| 3(非球面 1) | | -5.765 | d3(可変) | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 3(非球面 2) | 対物レンズ | 1.194 | 2.650 | 1.52491 | 56.5 |
| 4(非球面 3) | | -0.975 | 0.355 | | |
| 6 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 7 | | ∞ | | | |

非球面 1

K=0.699858

A4=-0.53797E-3

A6=-0.352488E-3

A8=0.595790E-4

A10=-0.152115E-4

非球面 2

K=-0.683354

A4=0.162029E-01

A6=0.154908E-02

A8=0.289288E-02

A10=-0.367711E-03

A12=-0.358222E-03

A14=0.148419E-03

A16=0.119603E-03

A18=-0.302302E-04

A20=-0.110520E-04

非球面 3

K=-21.704418

A4=0.308021E+00

A6=-0.639499E+00

A8=0.585364E+00

A10=-0.215623E+00

A12=-0.252265E-03

【 0 2 6 5 】

本実施例 3 1 では、対物レンズにプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・フォーカシング機構への負担の軽減を図っている。更に、カップリングレンズを 1 群 2 枚構成のダブルットレンズとすることで、良好に軸上色収差を補正している。また、光情報記録媒体側の面を非球面とすることで、非球面の収差補正効果によりカップリングレンズの開口数を大きく出来、全長が短いコンパクトな光学系を実現している。表 4 3 に様々な原因に起因して発生した球面収差を、カップリングレンズを変移させることで補正した結果を示す。この表 4 3 からわかるように、本実施例の光学系では、レーザの波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが可能である。

【 0 2 6 6 】

【表 4 3】

| 球面収差変動の原因 | | 補正後の WFE-rms | d0(mm) | d3(mm) |
|--|------------------------------|----------------|--------|--------|
| 基準状態 ($\lambda_c=405\text{nm}$, $T_c=25^\circ\text{C}$, $t_c=0.1\text{mm}$) | | 0.008λ | 7.230 | 5.000 |
| LD の波長変動 | $\Delta\lambda=+10\text{nm}$ | 0.008λ | 7.134 | 5.096 |
| | $\Delta\lambda=-10\text{nm}$ | 0.019λ | 7.330 | 4.900 |
| 温度変化 | $\Delta T=+30^\circ\text{C}$ | 0.015λ | 7.050 | 5.180 |
| | $\Delta T=-30^\circ\text{C}$ | 0.027λ | 7.415 | 4.815 |
| 透明基板厚誤差 | $\Delta t=+0.02\text{mm}$ | 0.006λ | 6.987 | 5.243 |
| | $\Delta t=-0.02\text{mm}$ | 0.015λ | 7.486 | 4.744 |

【 0 2 6 7 】

<実施例 3 2>

【 0 2 6 8 】

単玉のカップリングレンズの片面にのみ、回折面を設けた実施例である。レンズデータ及び非球面係数を表 4 4 に示す。本実施例 3 2 の種々のパラメータを表 2 4 に示す。

【 0 2 6 9 】

【表 4 4】

| 面 No | | r(mm) | d(mm) | n | νd |
|-----------|--------|----------|--------|---------|---------|
| 光源 | | | d0(可変) | | |
| 1(回折面 1)) | カップリング | ∞ | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 2(非球面 1) | レンズ | -16.084 | d2(可変) | | |
| 絞り | | ∞ | 0 | | |
| 3(非球面 2) | 対物レンズ | 1.194 | 2.650 | 1.52491 | 56.5 |
| 4(非球面 3) | | -0.975 | 0.355 | | |
| 5 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 6 | | ∞ | | | |

回折面 1

b2=-2.6023E-02

b4=-2.1722E-04

非球面 1

K=17.997115

A4=0.759036E-03

A6=0.311883E-03

A8=-0.123894E-03

A10=0.196179E-04

非球面 2

K=-0.683354

A4=0.162029E-01

A6=0.154908E-02

A8=0.289288E-02

A10=-0.367711E-03

A12=-0.358222E-03

A14=0.148419E-03

A16=0.119603E-03

A18=-0.302302E-04

A20=-0.110520E-04

非球面 3

K=-21.704418

A4=0.308021E+00

A6=-0.639499E+00

A8=0.585364E+00

A10=-0.215623E+00

A12=-0.252265E-03

【 0 2 7 0 】

本実施例 3 2 では、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチックを用いている。波長シフトによる最適記録位置の変化が小さく抑えられ、モードポップ時の波面収差の劣化を防止している。また、カップリングレンズの一方の面にの

み回折面を設けることで、カップリングレンズの面偏芯時の波面収差の劣化を防いでいる。さらに、カップリングレンズの光源側の面に回折面を設け、対物レンズの側の面に、光軸から離れるにしたがって屈折力の弱くなるような非球面を設けることで、カップリングレンズの偏芯及びトラッキングエラー時の波面収差の劣化を防いでいる。表 4 5 に様々な原因に起因して発生した球面収差をカップリングレンズを変移させることで補正した結果を示す。表 4 5 から、レーザ光の波長変動、温度変化、透明基板厚誤差に起因して発生した球面収差で良好に補正でき、また軸上色収差も良好に補正できることが分かる。

【 0 2 7 1 】

【表 4 5】

| 球面収差変動の原因 | | 補正後の WFE-rms | d0(mm) | d2(mm) |
|--|------------------------------|-----------------|--------|--------|
| 基準状態 ($\lambda_c=405\text{nm}$, $T_c=25^\circ\text{C}$, $t_c=0.1\text{mm}$) | | 0.005 λ | 11.670 | 5.000 |
| LD の波長変動 | $\Delta\lambda=+10\text{nm}$ | 0.008 λ | 11.404 | 5.266 |
| | $\Delta\lambda=-10\text{nm}$ | 0.009 λ | 11.960 | 4.710 |
| 温度変化 | $\Delta T=+30^\circ\text{C}$ | 0.014 λ | 11.373 | 5.297 |
| | $\Delta T=-30^\circ\text{C}$ | 0.018 λ | 11.995 | 4.676 |
| 透明基板厚誤差 | $\Delta t=+0.02\text{mm}$ | 0.009 λ | 11.246 | 5.424 |
| | $\Delta t=-0.02\text{mm}$ | 0.008 λ | 12.136 | 4.534 |

【 0 2 7 2 】

本実施例 3 2 では、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置への負担の軽減を図っている。また、安価に大量生産することが出来る。光情報記録媒体に情報を記録する際、モードホップによる波面収差の劣化は許容できない問題となる。この光学系では、カップリングレンズを単玉の回折レンズとし、軸上色収差を補正過剰にすることで基準波長の球面収差カーブと短・長波長側の球面収差カーブを交差させている。その結果、波長シフトによる最適記録位置の変化が小さく抑えられ、モードホップ時の波面収差の劣化を防いでいる。また、カップリングレンズの一方の面のみに回折面を設けることでカップリングレンズの面偏芯時の波面収差の劣化を防いでいる。更に、カップリングレンズ

の光源側の面に回折レンズを設け、対物レンズ側の面に光軸から離れるに従って屈折力の弱くなるような非球面を設けることで、カップリングレンズの偏芯及びトラッキングエラー時の波面収差の劣化を防いでいる。

【0273】

【発明の効果】

本発明によれば、光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、開口数が大きく、像高特性の良い非球面単玉対物レンズを提供できる。特に、開口数が0.75以上と大きく、また光源の波長が400nm程度と短い波長のレーザを使用する高密度記録再生装置に用いるのに好適な対物レンズを提供できる。また、偏心感度も良好にでき、球面収差、コマ収差も良好に補正可能である。

【0274】

また、光情報記録媒体の保護層の厚さが0.1mm程度と薄く、ワーキングディスタンスが小さくても良いような記録再生装置に対して好適な対物レンズを提供できる。

【0275】

また、上述の対物レンズを使用する光ピックアップ装置を提供できる。

【0276】

また、高密度な光学式記録再生装置において、簡単な構成で軸上色収差が補正された光学系を有する光ピックアップ装置を提供できる。特に、光情報記録媒体側の開口数が0.65以上と大きく、使用する光源の最短波長が500nm以下と小さい光ピックアップ装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例1の対物レンズの断面図と収差図である。

【図2】

実施例2の対物レンズの断面図と収差図である。

【図3】

実施例3の対物レンズの断面図と収差図である。

【図4】

実施例 4 の対物レンズの断面図と収差図である。

【図 5】

実施例 5 の対物レンズの断面図と収差図である。

【図 6】

実施例 6 の対物レンズの断面図と収差図である。

【図 7】

実施例 7 の対物レンズの断面図と収差図である。

【図 8】

本発明の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の実施の形態を示す図である。

【図 9】

実施例 8 の対物レンズの断面図である。

【図 1 0】

実施例 8 の対物レンズの収差図である。

【図 1 1】

実施例 9 の対物レンズの断面図である。

【図 1 2】

実施例 9 の対物レンズの収差図である。

【図 1 3】

実施例 1 0 の対物レンズの断面図である。

【図 1 4】

実施例 1 0 の対物レンズの収差図である。

【図 1 5】

実施例 1 1 の対物レンズの断面図である。

【図 1 6】

実施例 1 1 の対物レンズの収差図である。

【図 1 7】

実施例 1 2 の対物レンズの断面図である。

【図 1 8】

実施例 1 2 の対物レンズの収差図である。

【図 1 9】

実施例 1 3 の対物レンズの断面図である。

【図 2 0】

実施例 1 3 の対物レンズの収差図である。

【図 2 1】

実施例 1 4 の対物レンズの断面図である。

【図 2 2】

実施例 1 4 の対物レンズの収差図である。

【図 2 3】

実施例 1 5 の対物レンズの断面図である。

【図 2 4】

実施例 1 5 の対物レンズの収差図である。

【図 2 5】

実施例 1 6 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 2 6】

実施例 1 6 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 2 7】

実施例 1 7 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 2 8】

実施例 1 7 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 2 9】

実施例 1 8 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 3 0】

実施例 1 8 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 3 1】

実施例 1 9 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 3 2】

実施例 1 9 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 3 3】

実施例 2 0 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 3 4】

実施例 2 0 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 3 5】

実施例 2 1 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 3 6】

実施例 2 1 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 3 7】

実施例 2 2 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 3 8】

実施例 2 2 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 3 9】

実施例 2 3 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 4 0】

実施例 2 3 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 4 1】

実施例 2 4 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 4 2】

実施例 2 4 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 4 3】

実施例 2 5 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 4 4】

実施例 2 5 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 4 5】

実施例 2 6 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 4 6】

実施例 2 6 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 4 7】

実施例 2 7 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 4 8】

実施例 2 7 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 4 9】

実施例 2 8 の対物レンズの断面図である。

【図 5 0】

実施例 2 8 の対物レンズの球面収差図である。

【図 5 1】

実施例 2 9 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 5 2】

実施例 2 9 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 5 3】

実施例 3 0 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 5 4】

実施例 3 0 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 5 5】

実施例 3 1 のカップリングレンズと対物レンズの断面図である。

【図 5 6】

実施例 3 1 のカップリングレンズと対物レンズの球面収差図である。

【図 5 7】

本発明の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の別の実施の形態を示す図である。

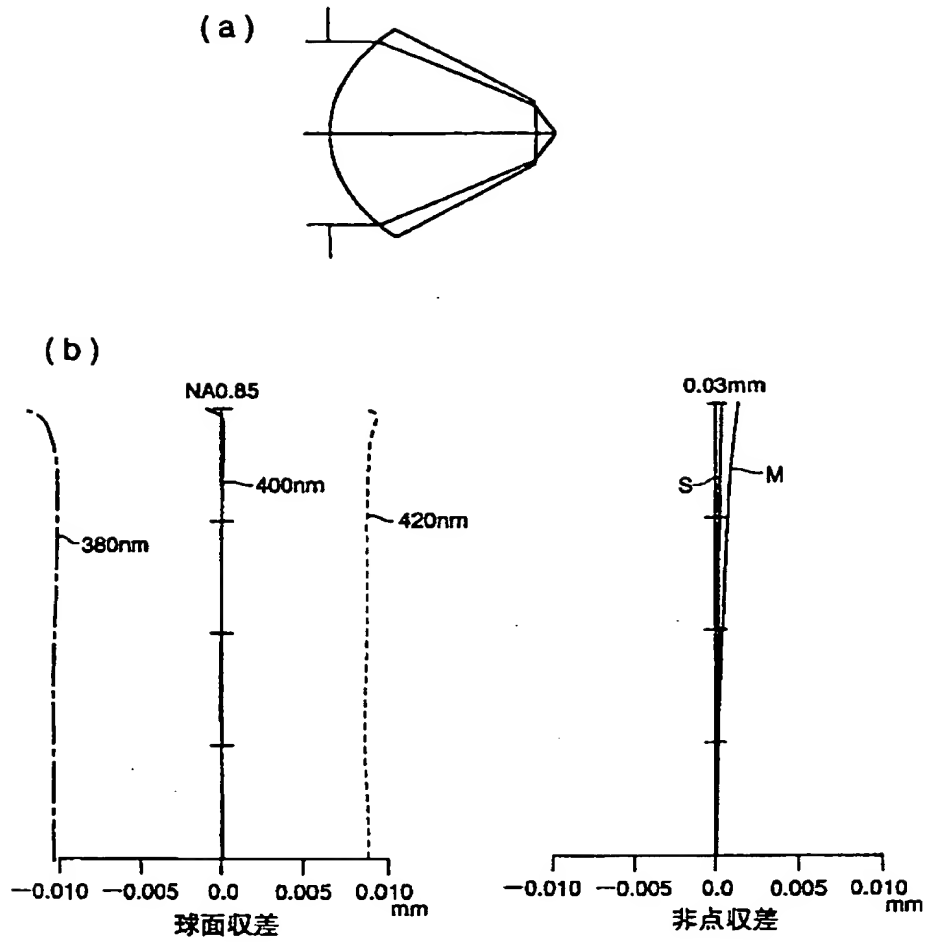
【符号の説明】

- 1 対物レンズ（両面非球面単玉対物レンズ）
- 1 a フランジ部
- 2 カップリングレンズ
- 3 半導体レーザ（光源）
- 4 光検出器
- 5 情報記録面

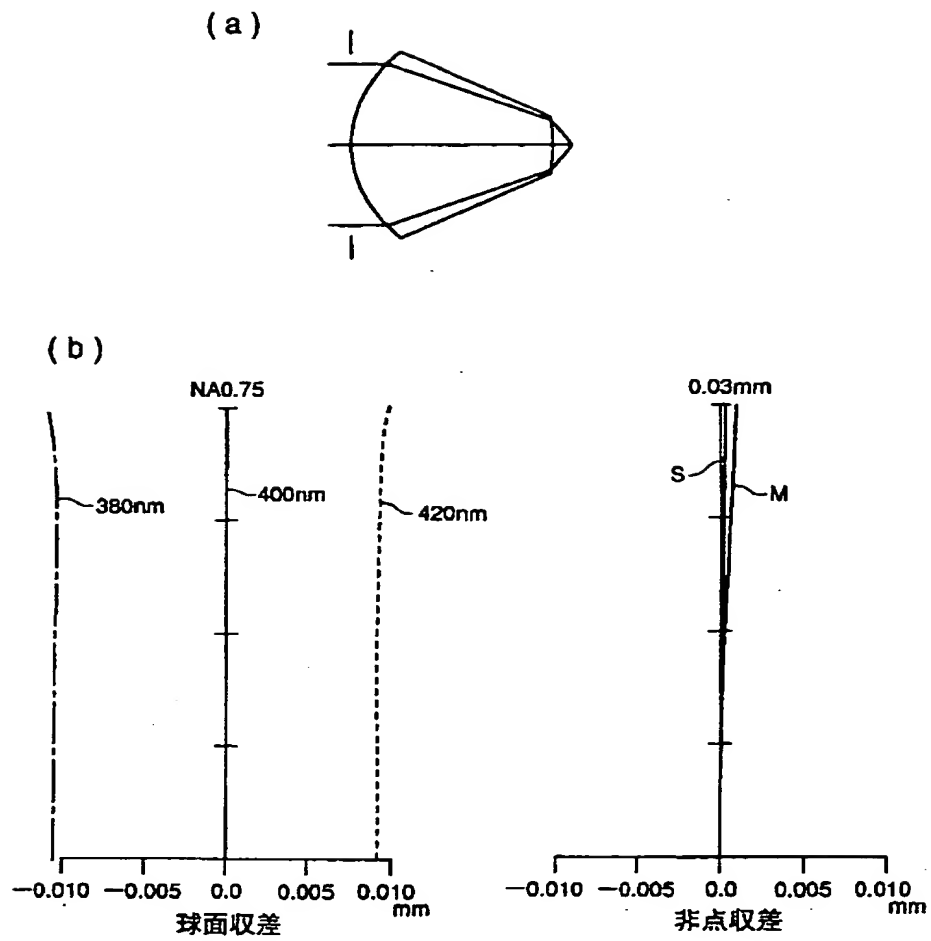
1 1 1 軸アクチュエータ（変移装置）

【書類名】 図面

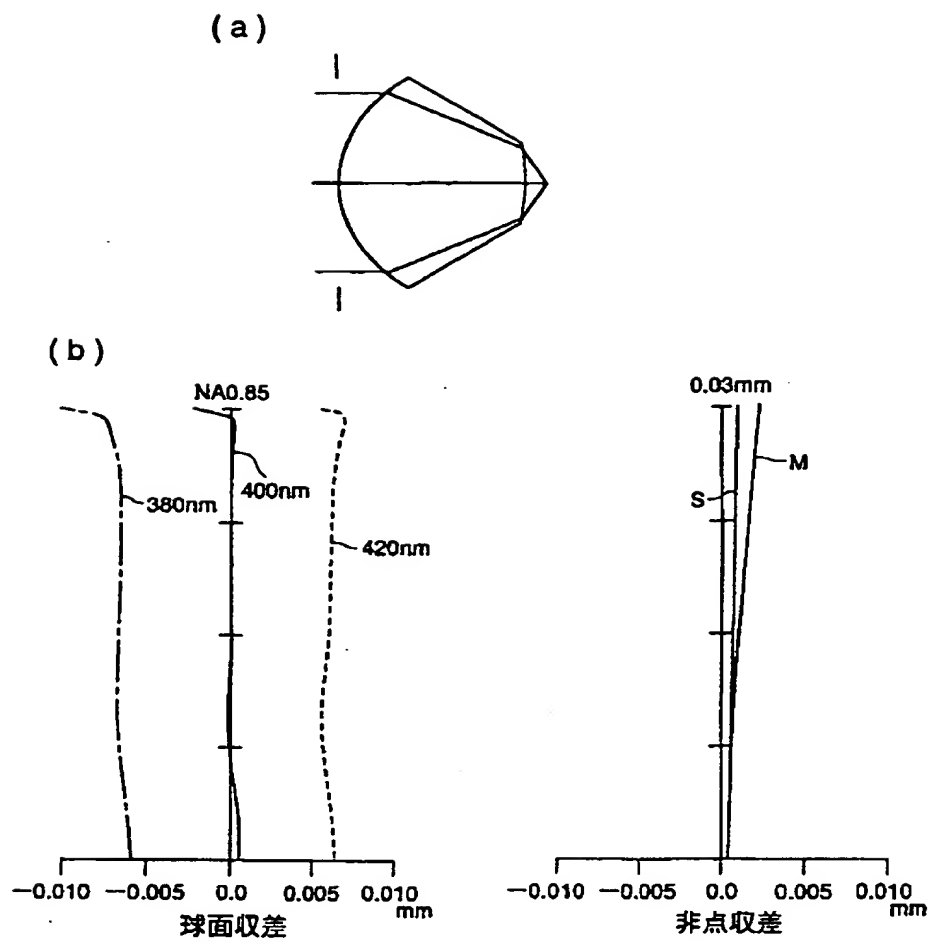
【図 1】



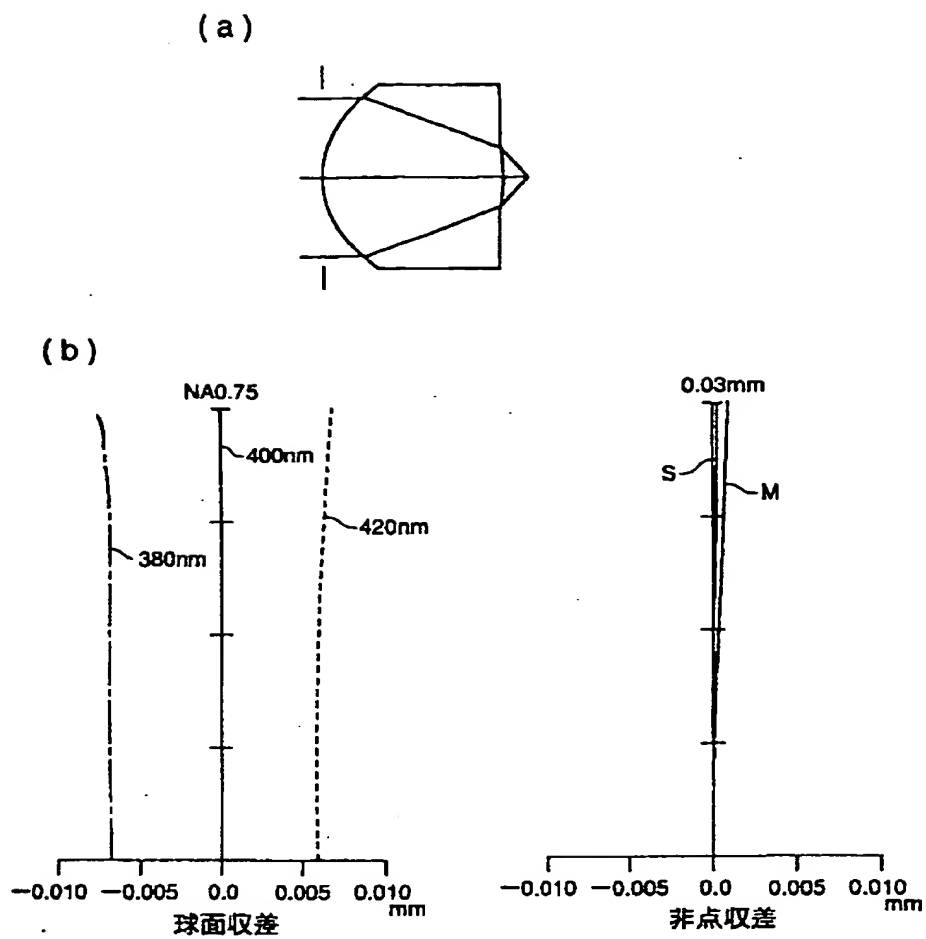
【图 2】



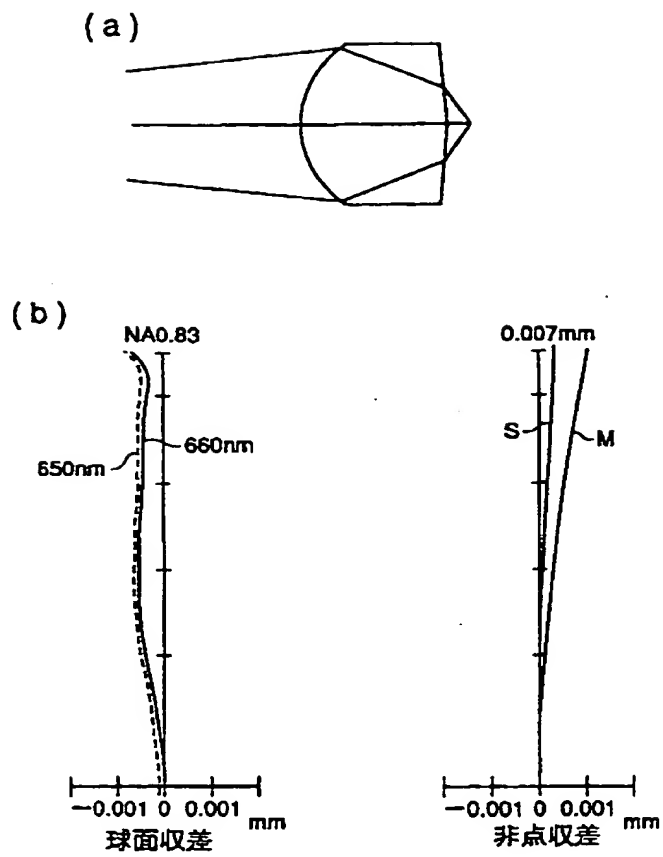
【图 3】



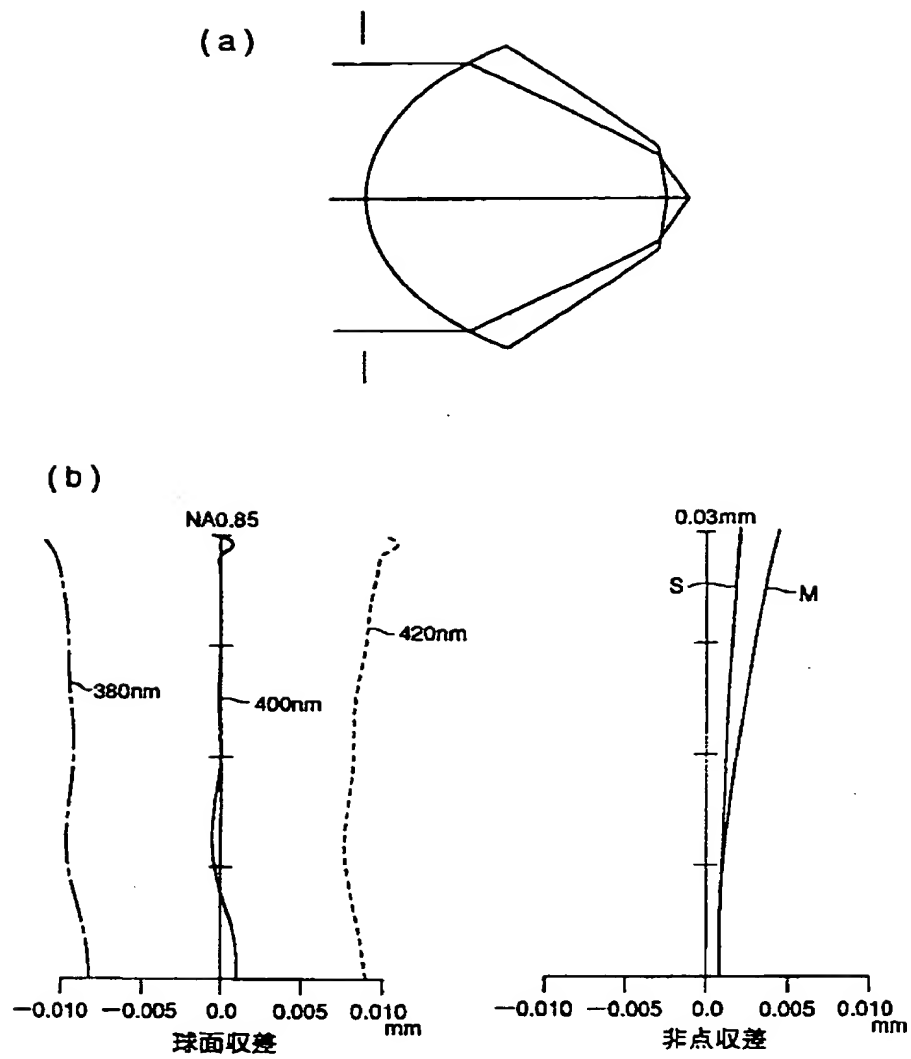
【图 4】



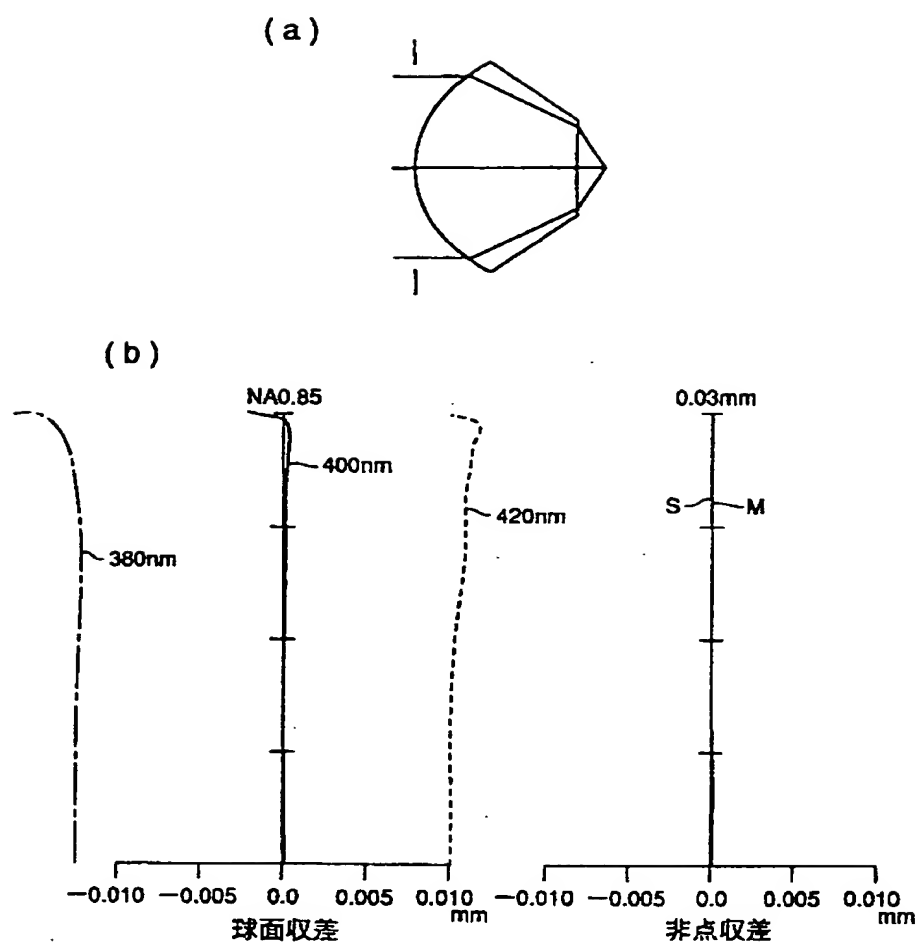
【图 5】



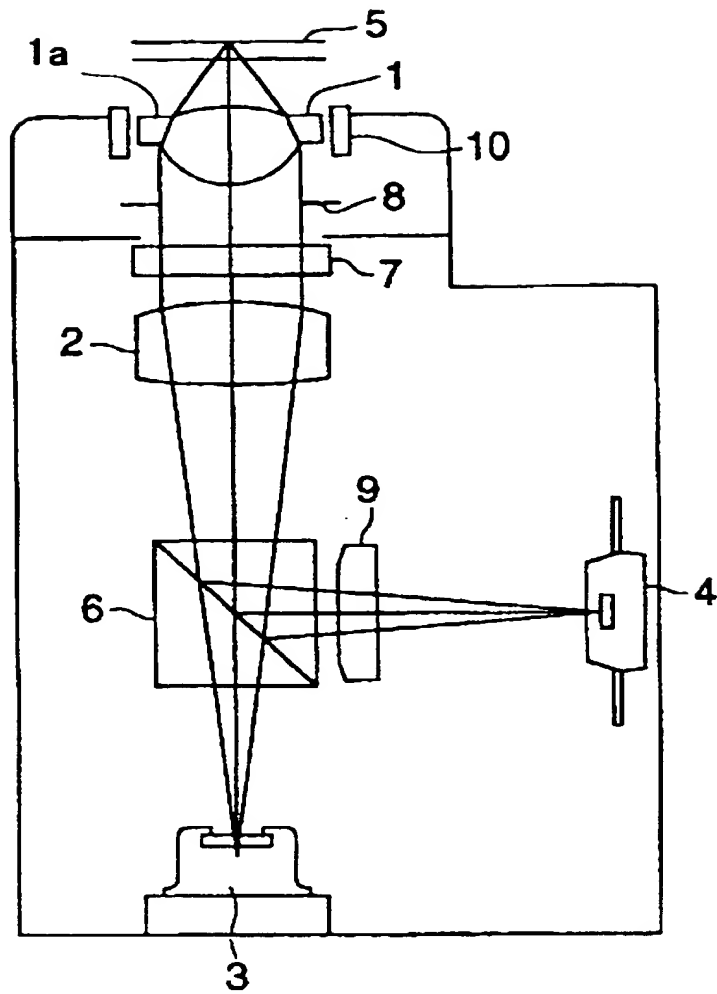
【図 6】



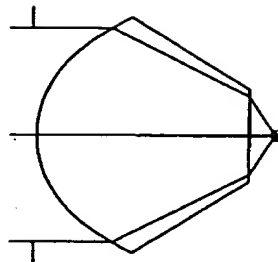
【図 7】



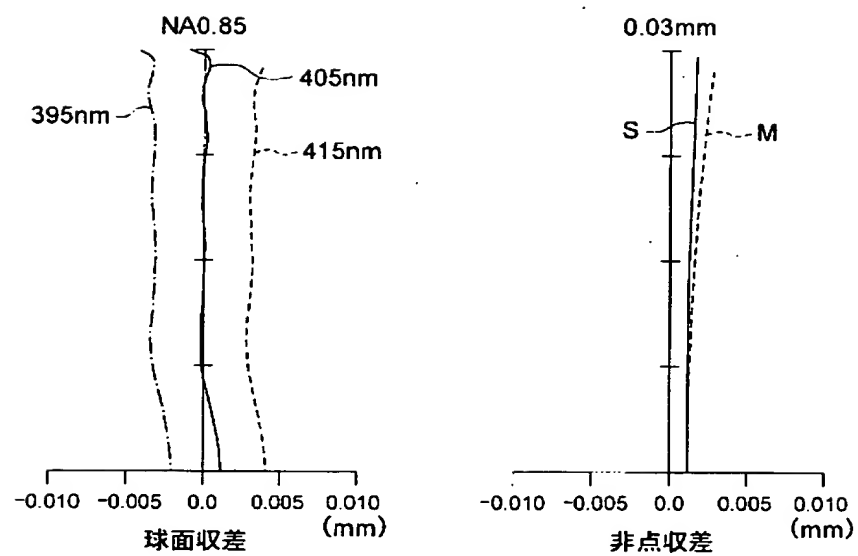
【図8】



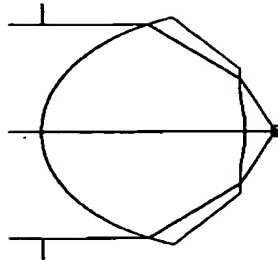
【図 9】



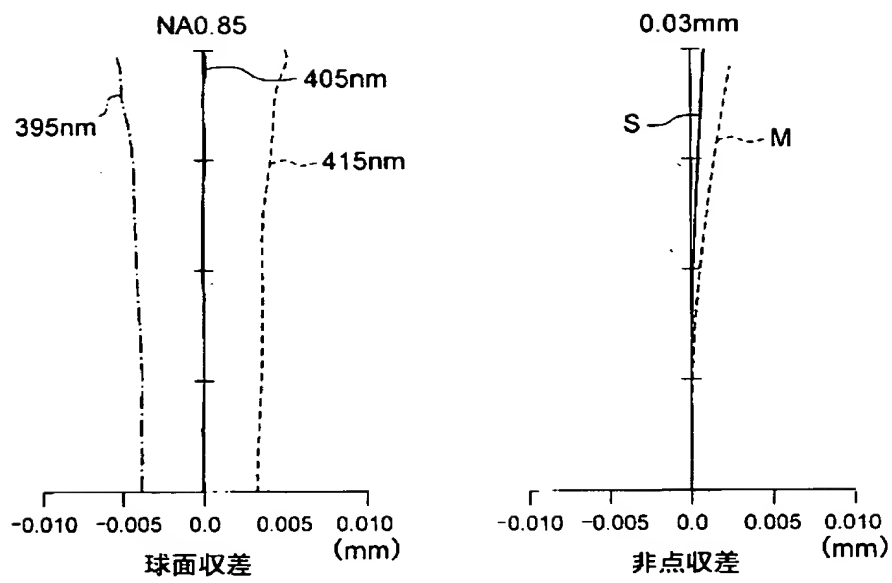
【図 10】



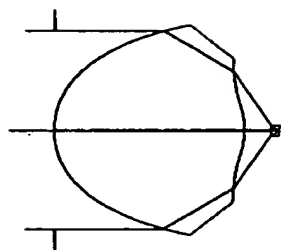
【図 1 1】



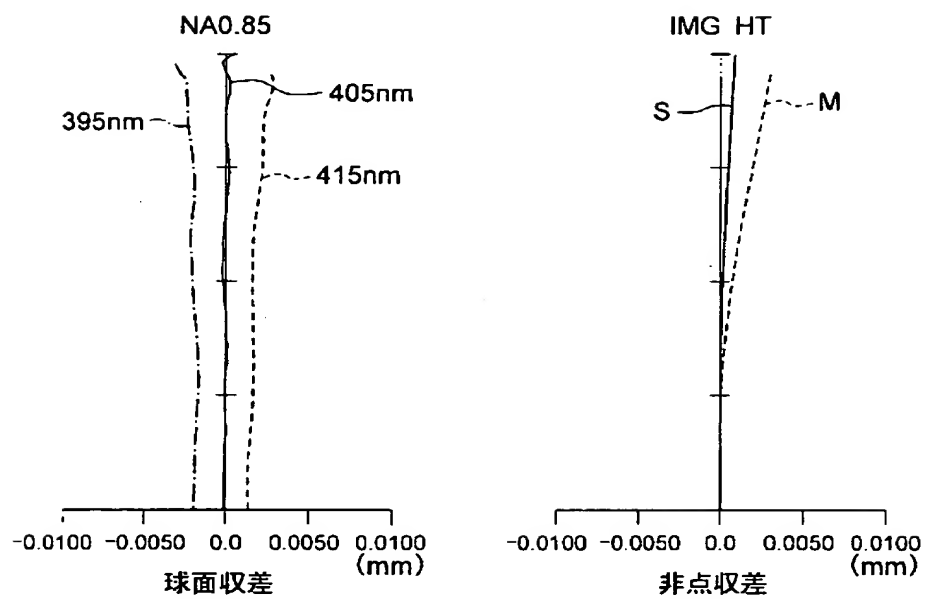
【図 1 2】



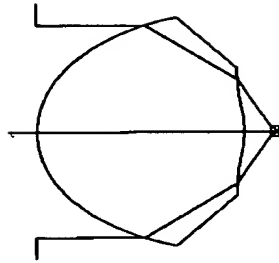
【図 1 3】



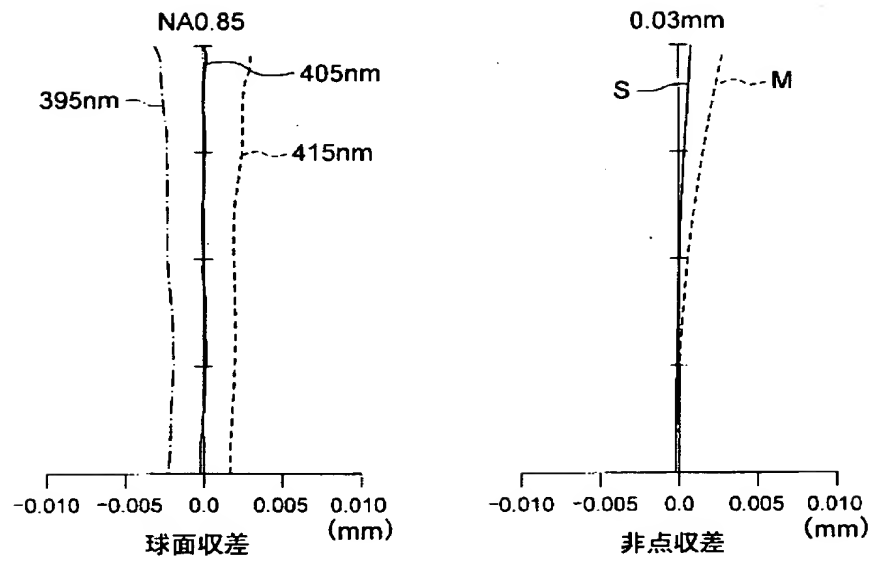
【図 1 4】



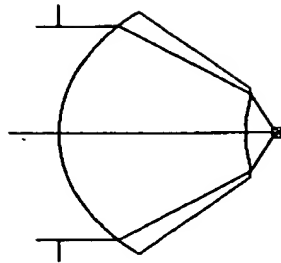
【図 1 5】



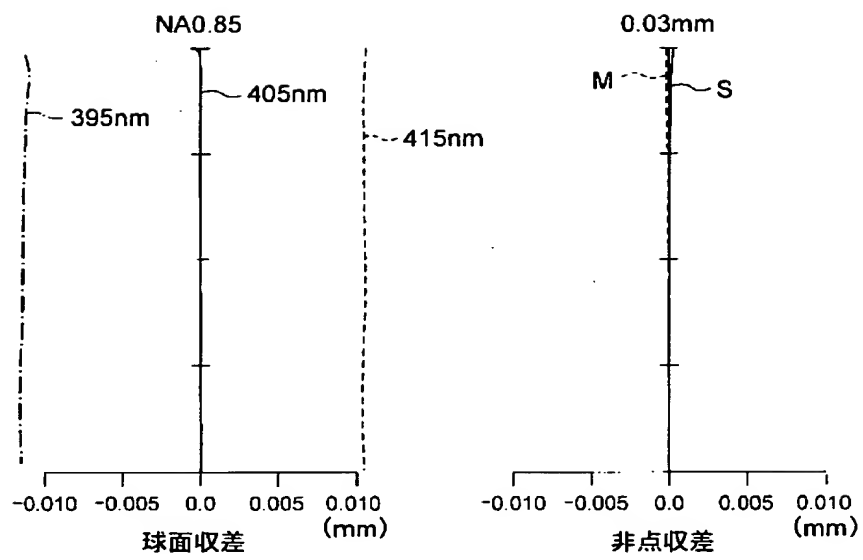
【図 1 6】



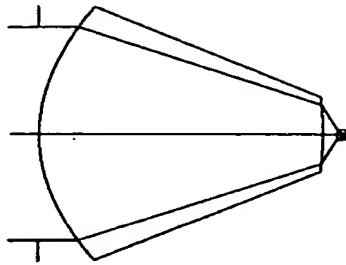
【図 1 7】



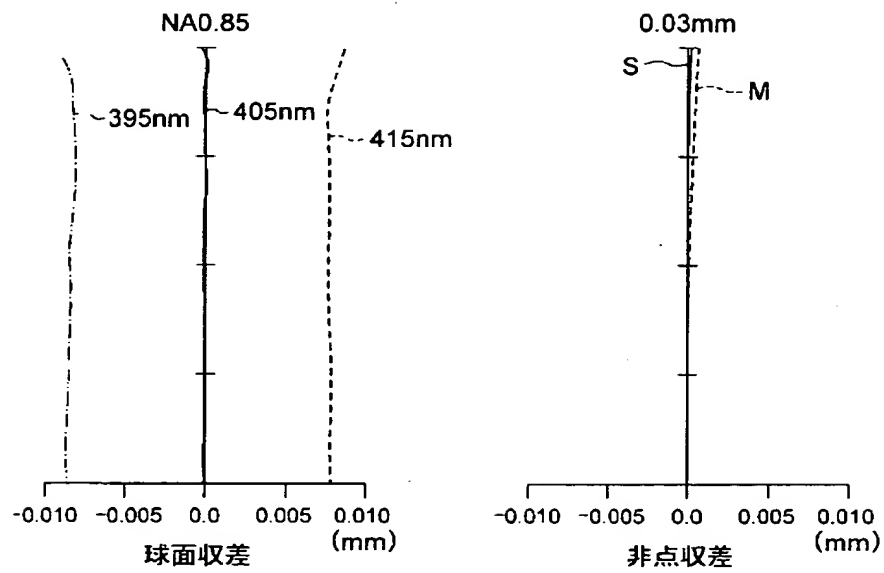
【図 1 8】



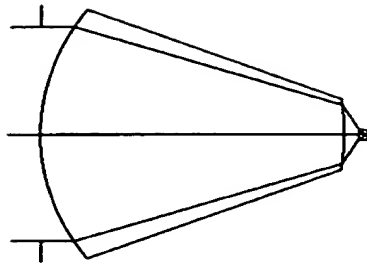
【図 1 9】



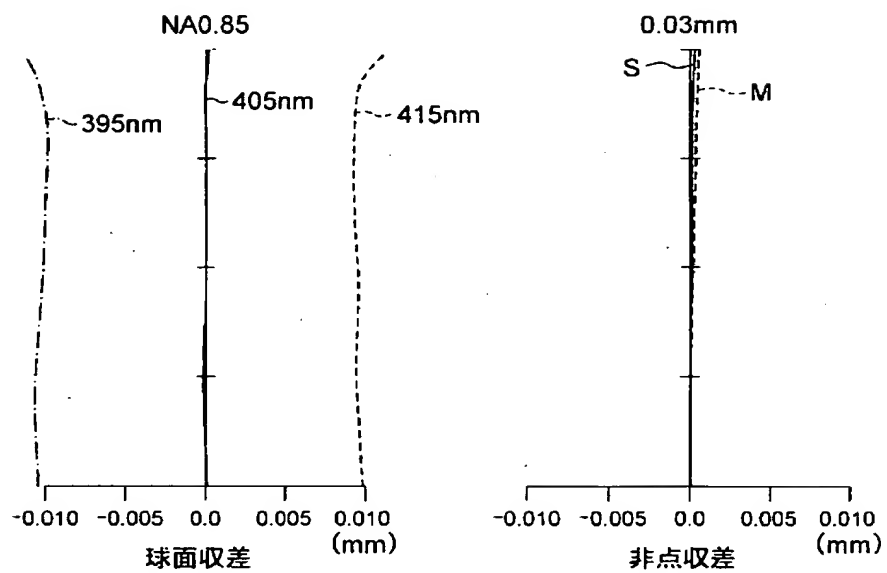
【図 2 0】



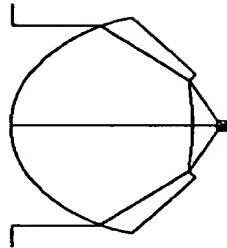
【図 2 1】



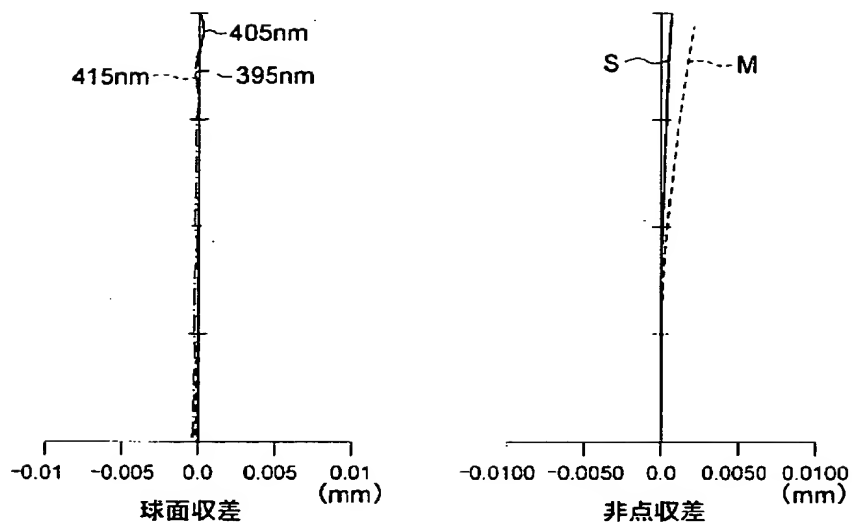
【図 2 2】



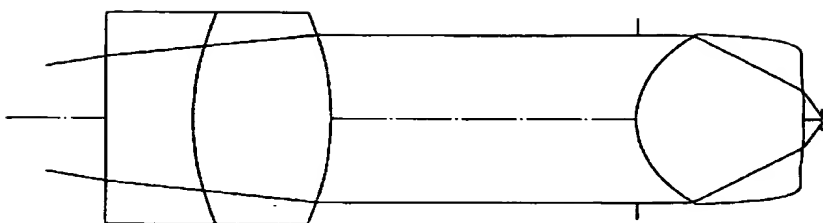
【図 2 3】



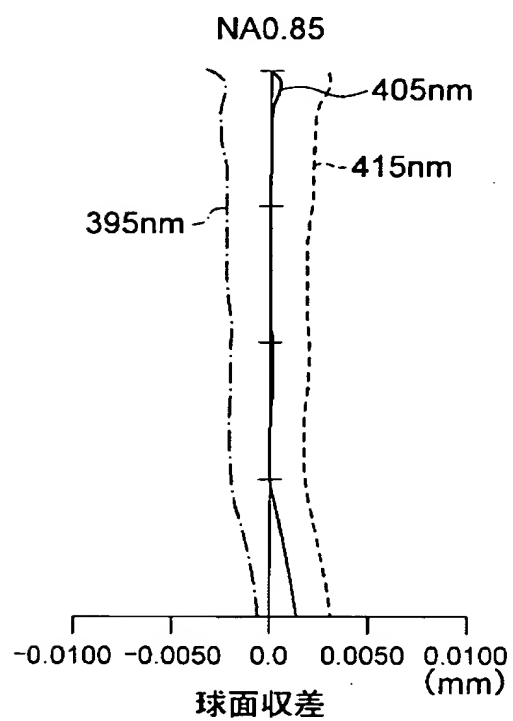
【図 2 4】



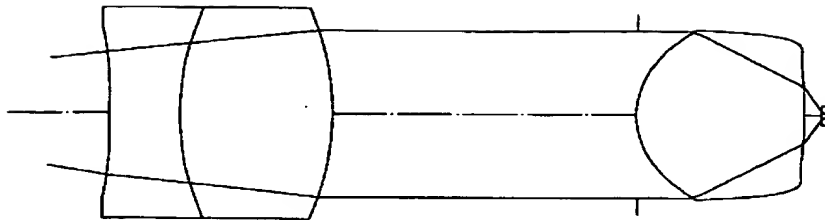
【図 2 5】



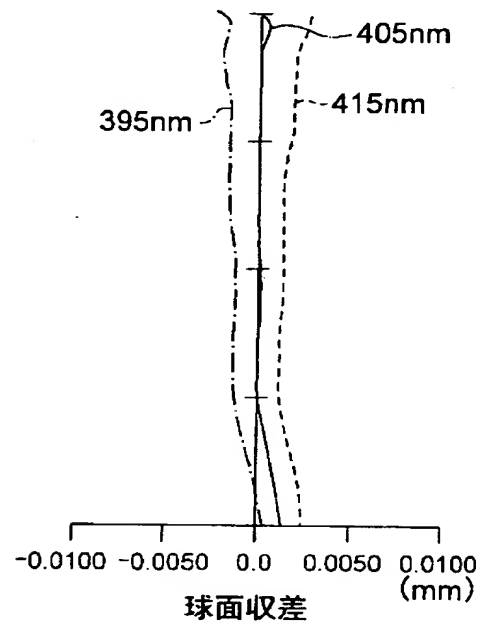
【図 2 6】



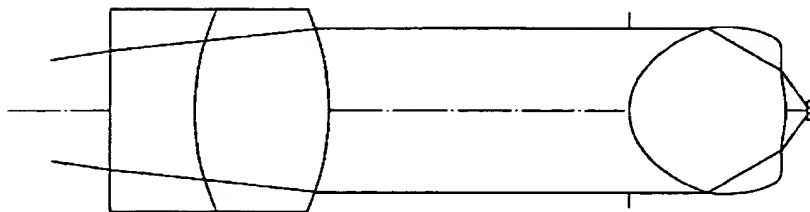
【図 2 7】



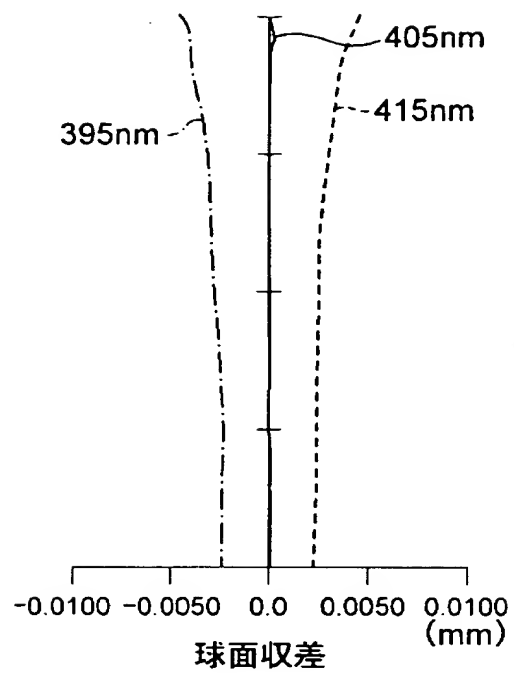
【図 2 8】



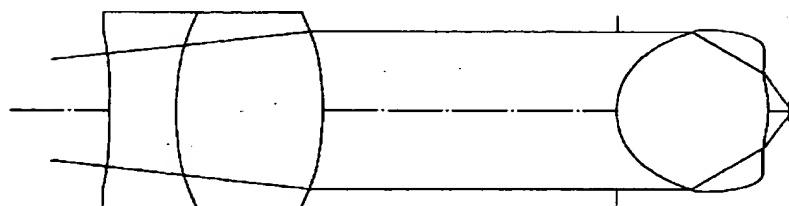
【図 2 9】



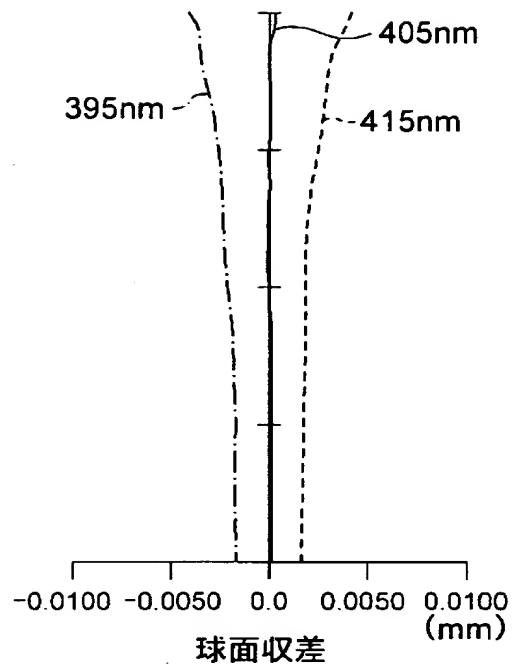
【図 3 0】



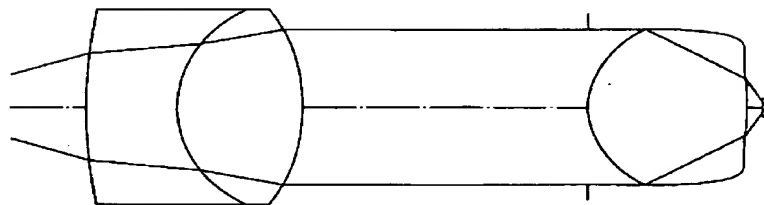
【図 3 1】



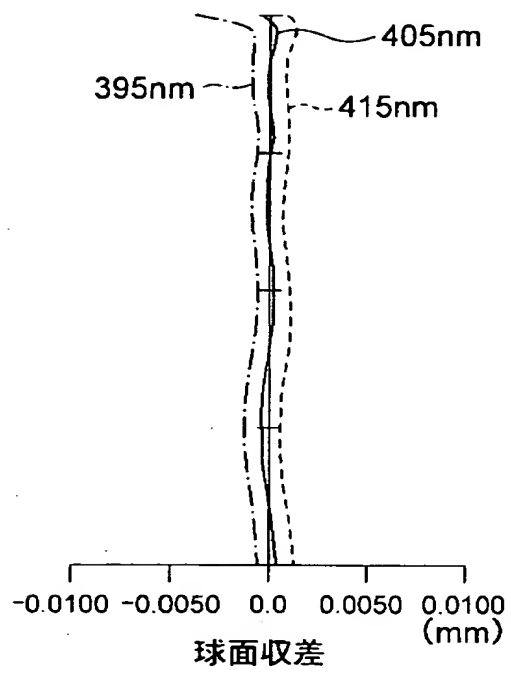
【図 3 2】



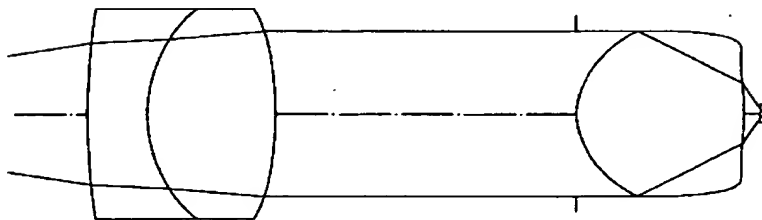
【図 3 3】



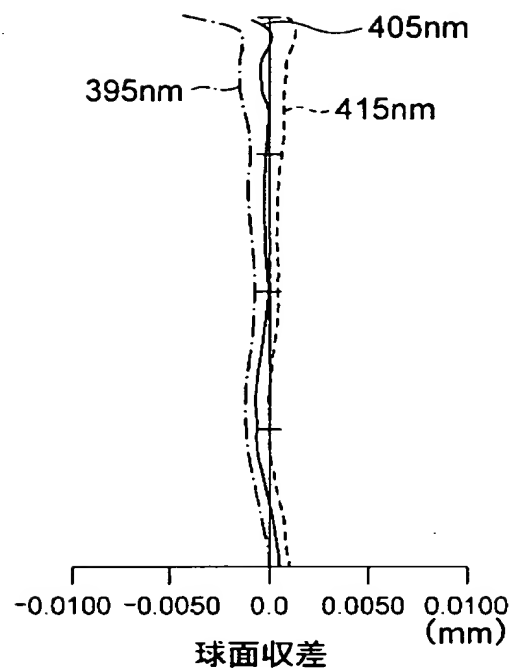
【図 3 4】



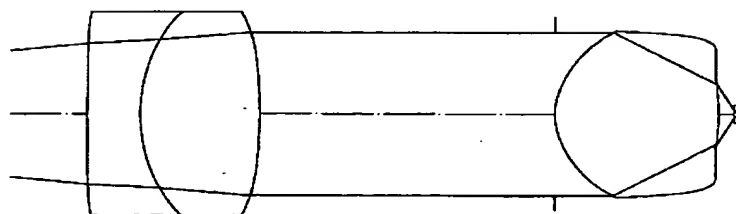
【図 3 5】



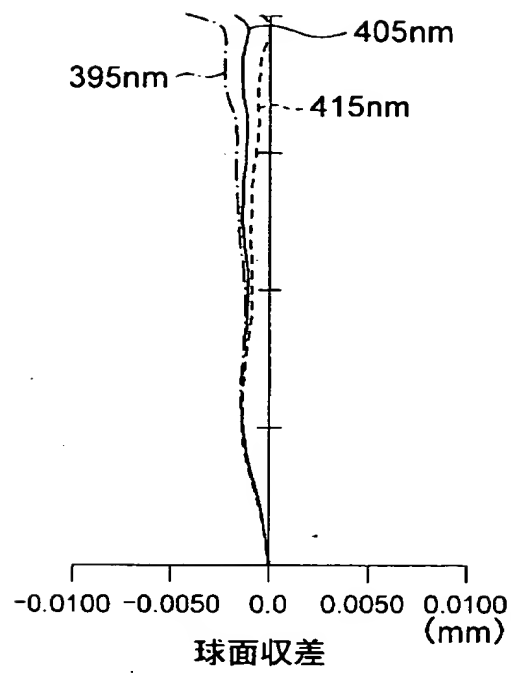
【図 3 6】



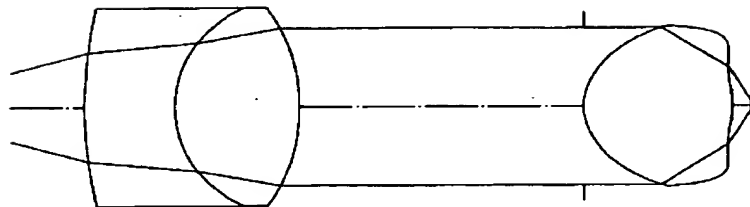
【図 3 7】



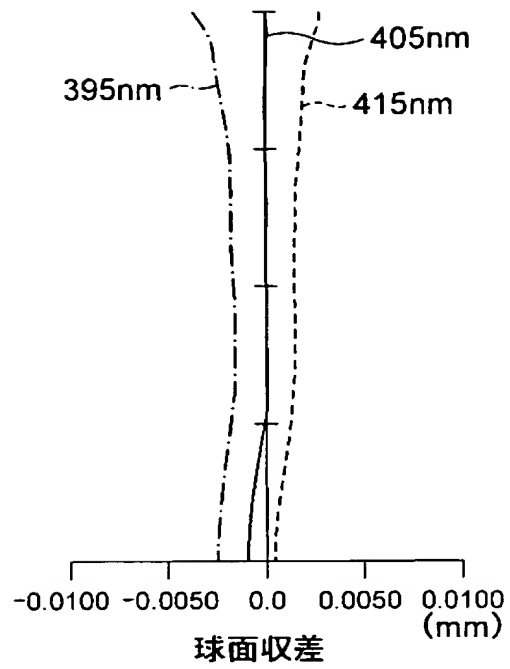
【図 3 8】



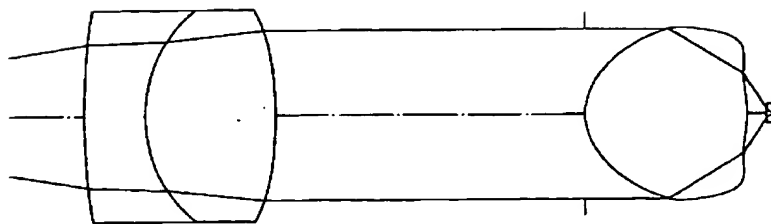
【図 3 9】



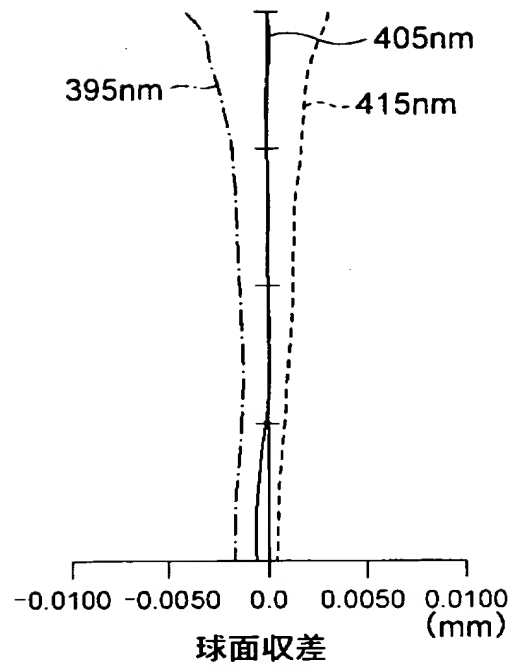
【図 4 0】



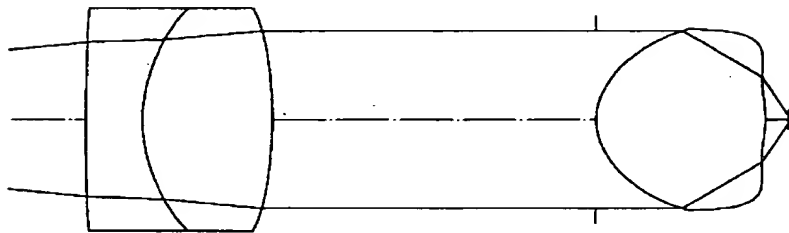
【図 4 1】



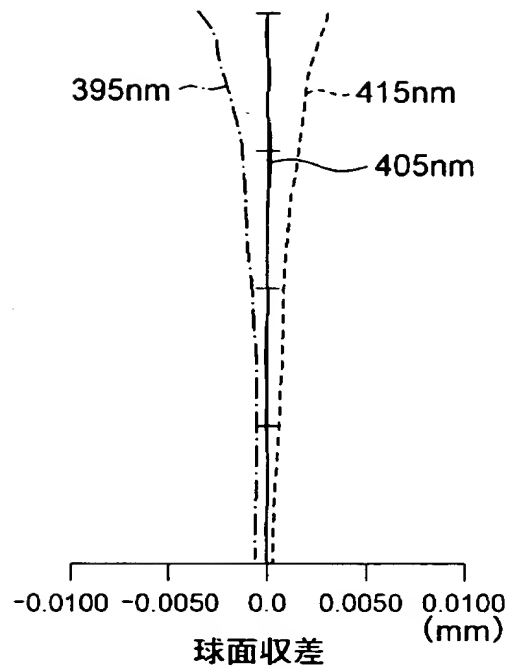
【図 4 2】



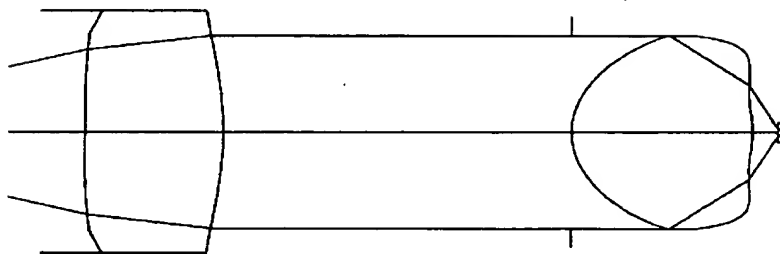
【図 4 3】



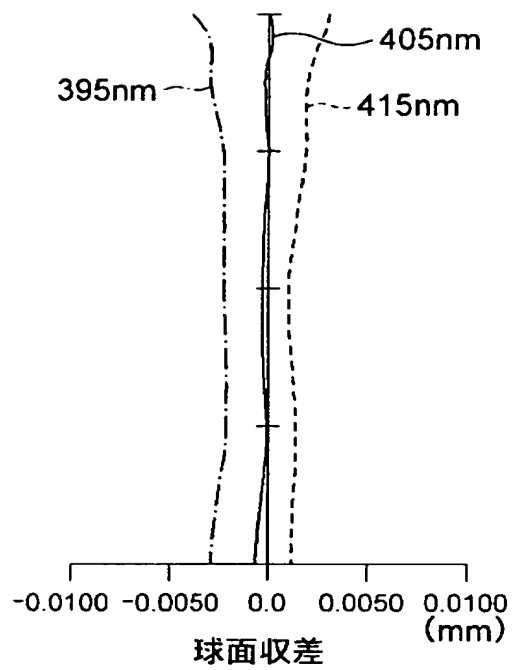
【図 4 4】



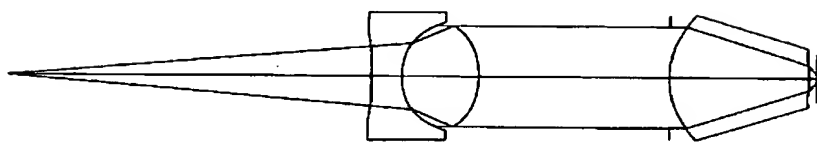
【図 4 5】



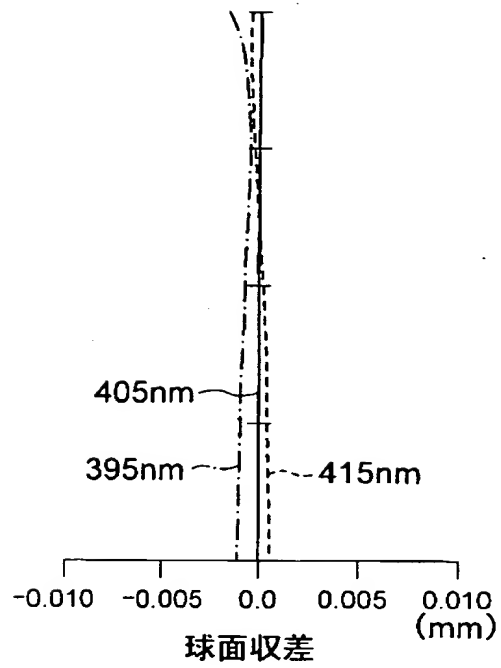
【図 4 6】



【図 4 7】

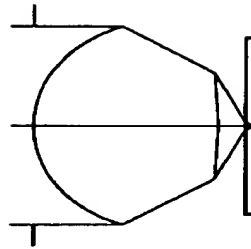


【図 4 8】



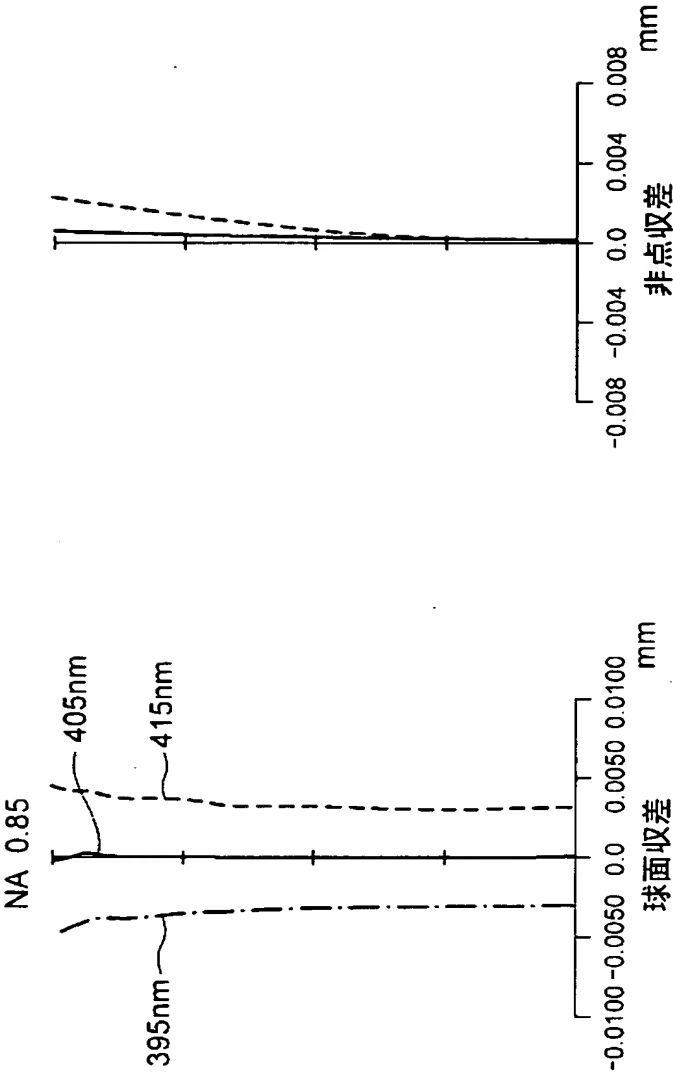
【図 4 9】

実施例28



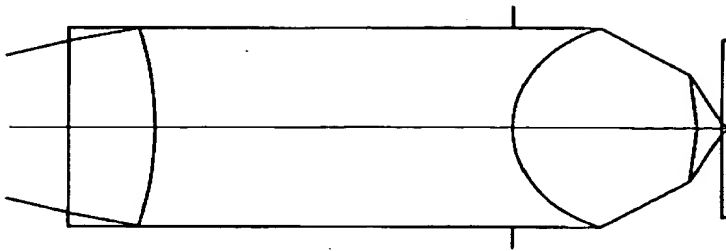
【図 5 0】

実施例28



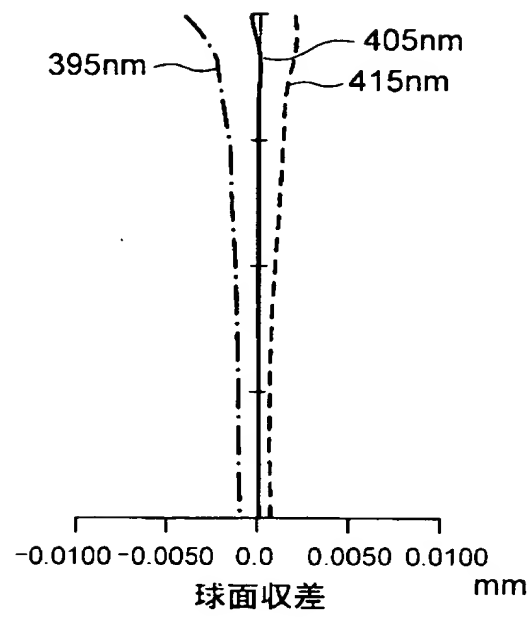
【図 5 1】

実施例29



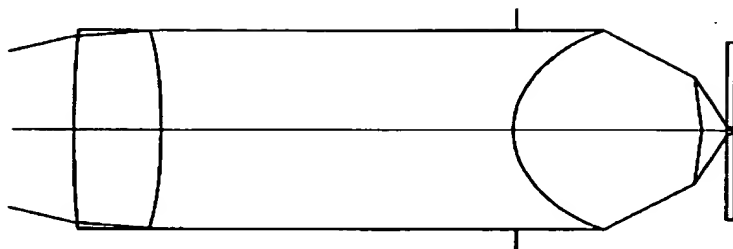
【図 5 2】

実施例29



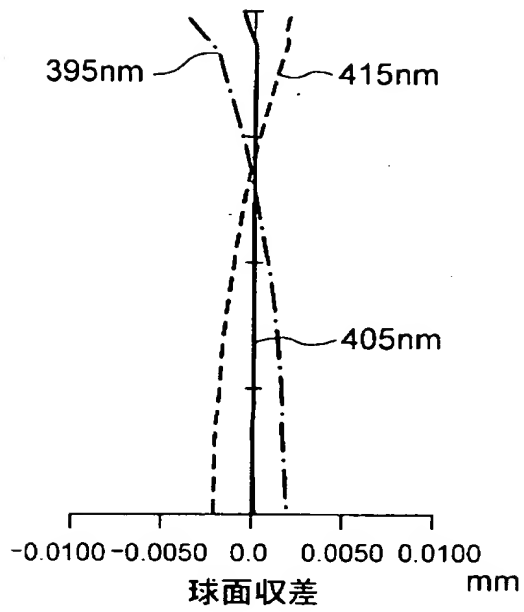
【図 5 3】

実施例30



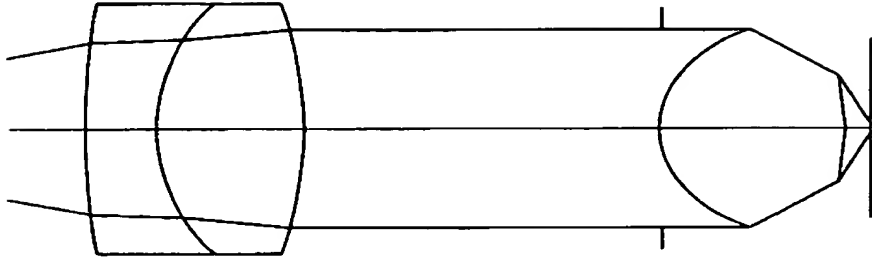
【図 5 4】

実施例30



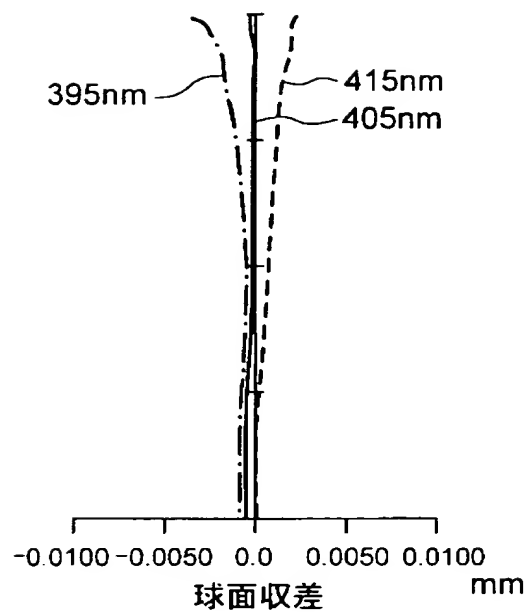
【図 5 5】

実施例31

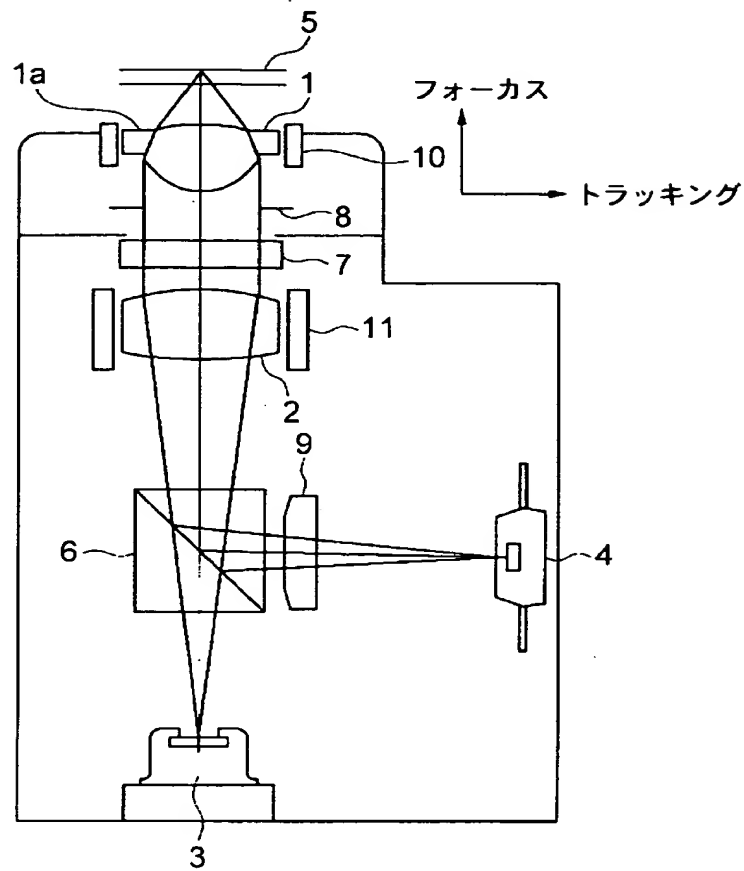


【図 5 6】

実施例31



【図 57】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 開口数が大きく、像高特性の良い光ピックアップ装置用非球面単玉対物レンズを提供する。特に、開口数が0.75以上と大きく、また光源の波長が400nm程度と短い波長のレーザを使用する高密度記録再生装置に用いるのに好適な対物レンズを提供する。また、情報記録媒体の保護層の厚さが0.1mm程度と薄いために、ワーキングディスタンスが小さくても良い、記録再生装置に用いられるのに好適な対物レンズを提供する。また、これらの対物レンズを使用する光ピックアップ装置を提供する。

【解決手段】 この非球面単玉対物レンズは、情報記録媒体の記録再生用対物レンズであって、次式を満たす。1. $1 \leq d_1 / f \leq 3$ (d_1 : 軸上レンズ厚 f : 焦点距離)。また、次の各式を満たすことがより好ましい。

$$1. \quad 2 \leq d_1 / f \leq 2.3$$

$$f / v_d \leq 0.060 \quad (v_d : \text{アッベ数})$$

$$1. \quad 40 \leq n \quad (n : \text{使用波長での屈折率})$$

$$1. \quad 40 \leq n < 1.85$$

$$0.40 \leq r_1 / (n \cdot f) \leq 0.70 \quad (r_1 : \text{光源側の近軸曲率半径})$$

【選択図】 図8

認定・付加情報

| | |
|---------|---------------|
| 特許出願の番号 | 特願2000-262372 |
| 受付番号 | 50001108265 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第一担当上席 0090 |
| 作成日 | 平成12年 9月 5日 |

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 8月31日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001270]

1. 変更年月日 1990年 8月14日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
氏 名 コニカ株式会社